Colección PASATEXTOS

El misterio de la vida

Biología para ingresantes a la Universidad

César A. Bianco
Sara Basconsuelo
Rosana Malpassi
Compiladores





ISBN 978-987-688-149-4

El misterio de la vida

Biología para ingresantes a la Universidad

César Augusto Bianco
Sara Basconsuelo
Rosana Malpassi

Compiladores



Universidad Nacional de Río Cuarto
Río Cuarto. Córdoba. Argentina

El misterio de la vida : biología para ingresantes a la universidad /
Marcelo Daniel Arana ... [et al.] ; compilado por Sara Basconsuelo ;
Rosana Malpassi ; César Augusto Bianco. - 2a ed . - Río Cuarto :
UniRío Editora, 2015.
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-688-149-4

1. Morfología. 2. Botánica. I. Arana, Marcelo Daniel II. Basconsuelo, Sara, comp.
III. Malpassi, Rosana, comp. IV. Bianco, César Augusto, comp.
CDD 570

El misterio de la vida. *Biología para ingresantes a la universidad*
César A. Bianco, Sara Basconsuelo y Rosana Malpassi (compiladores)

Ruta Nacional 36 km 601 – (X5804) Río Cuarto – Argentina
Tel.: 54 (358) 467 6309 – Fax.: 54 (358) 468 0280
editorial@rec.unrc.edu.ar
www.unrc.edu.ar/unrc/comunicacion/editorial/

Primera Edición: *Noviembre de 2015*

ISBN 978-987-688-149-4

Ilustración de Portada: *Chalo*





Uni. Tres primeras letras de “Universidad”. Uso popular muy nuestro; la Uni.
Universidad del latín “universitas” (personas dedicadas al ocio del saber),
se contextualiza para nosotros en nuestro anclaje territorial y en la concepción
de conocimientos y saberes construidos y compartidos socialmente.
El río. Celeste y Naranja. El agua y la arena de nuestro Río Cuarto
en constante confluencia y devenir.
La gota. El acento y el impacto visual: agua en un movimiento
de vuelo libre de un “nosotros”.
Conocimiento que circula y calma la sed.

Contenido

Prólogo

Los autores de este libro son docentes en las cátedras de Morfología Vegetal y Botánica Sistemática Agrícola de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto. Este equipo está trabajando desde hace muchos años con estudiantes que se preparan para ingresar a la carrera de Ingeniería Agronómica y los que cursan el primer año de la misma.

Con esta obra se pretende acercar a estos alumnos y los de otras carreras afines una herramienta útil que los guíe en la transición desde la Escuela de Nivel Medio al ingreso a la Universidad en el área de Biología. La diversidad de sus conocimientos previos justifica la elaboración de este material de apoyo, brindando los contenidos mínimos necesarios para abordar de manera satisfactoria las asignaturas del plan de estudio relacionadas con esta disciplina.

El esfuerzo estuvo centrado en reforzar conceptos teóricos con ejemplos claros que el alumno pueda llevar fácilmente a la vida cotidiana. Asimismo, es de interés que el estudiante logre manejar adecuadamente la terminología específica y que sea capaz de viajar a través de los distintos niveles de organización de la vida. Es decir, reconocer el dinamismo en las estructuras biológicas, desde las moléculas que las forman llegando a la organización de individuos pluricelulares y cómo éstos interaccionan en un ecosistema.

Para cumplir con este fin, el libro fue diseñado en siete capítulos con la siguiente secuencia de conocimientos: propiedades que caracterizan a los seres vivos, moléculas inorgánicas y orgánicas que los forman, instrumentos que permiten observar estructuras más pequeñas que el límite del poder de resolución del ojo humano, características morfológicas de la célula y la división celular. Finalmente, en los dos últimos, se realiza un enfoque ecológico, analizando el funcionamiento

del ecosistema y específicamente del agroecosistema. Al final de cada capítulo se plantean actividades con el fin de promover el entendimiento pormenorizado del tema, el pensamiento crítico y el debate grupal.

Los Autores

Capítulo 1

Clasificación y nomenclatura de los seres vivos

Por Marcelo Daniel Arana
y César Augusto Bianco

La biodiversidad, contracción de la expresión 'diversidad biológica', expresa la variedad o diversidad del mundo biológico. En su sentido más amplio, biodiversidad es casi sinónimo de «vida sobre la Tierra». El término se acuñó en 1985 y desde entonces se ha venido utilizando mucho, tanto en los medios de comunicación como en círculos científicos y de las administraciones públicas.

El mundo biológico puede considerarse estructurado en una serie de niveles de organización de complejidad creciente, en un extremo se sitúan las moléculas más importantes para la vida y, en el otro, las comunidades de especies que viven dentro de los ecosistemas. Como la biodiversidad abarca una gama amplia de conceptos y puede considerarse a distintos niveles y escalas, no es posible reducirla a una medida única. En la práctica, la diversidad de especies es un aspecto central y constituye el punto de referencia constante de todos los estudios. Al ser la unidad que más claramente refleja la identidad de los organismos, la especie es la unidad básica de la biología y el centro de buena parte de las investigaciones.

La Biodiversidad es el resultado de la historia de la vida sobre la tierra, expresada en los cambios de los atributos de los seres vivos a través del espacio y el tiempo (evolución), siendo el objeto de estudio

de la Sistemática, que tiene como objetivos principales:

- explorar la biósfera para descubrir y describir su biodiversidad.
- proponer hipótesis sobre las relaciones filogenéticas (de parentesco) entre especies y grupos de especies, de acuerdo a todo el conocimiento que se dispone de ellos (morfológicos, moleculares, ecológicos, biogeográficos, etc.).
- sistematizar la biodiversidad descubierta y descripta en clasificaciones jerárquicas que reflejen fidedignamente las hipótesis filogenéticas, para lo cual se vale de la Taxonomía.

Ésto constituye uno de los grandes desafíos actuales de la Biología, ya que el impacto del ser humano sobre los ecosistemas está provocando la extinción de numerosas especies, inclusive antes de que lleguen a ser conocidas. Cuanto más profundo se explore la diversidad biológica, más rápido se podrán enunciar los principios unificadores de la biología.

Para poder organizar el estudio de los seres vivos, la Sistemática se vale de la clasificación, ya que clasificar es agrupar seres vivos por caracteres en común y particulares compartidos, siendo los organismos el objeto de estudio de la clasificación. Además, la Sistemática utiliza a la Taxonomía, que constituye el conjunto de leyes y reglas que permiten ordenar y jerarquizar las clasificaciones, las que son el objeto de estudio de la taxonomía (Figura 1.1); este conjunto de leyes se refleja en los códigos de nomenclatura zoológica (animales), botánica (plantas, algas, hongos, protozoos) y bacteriológica (bacterias).

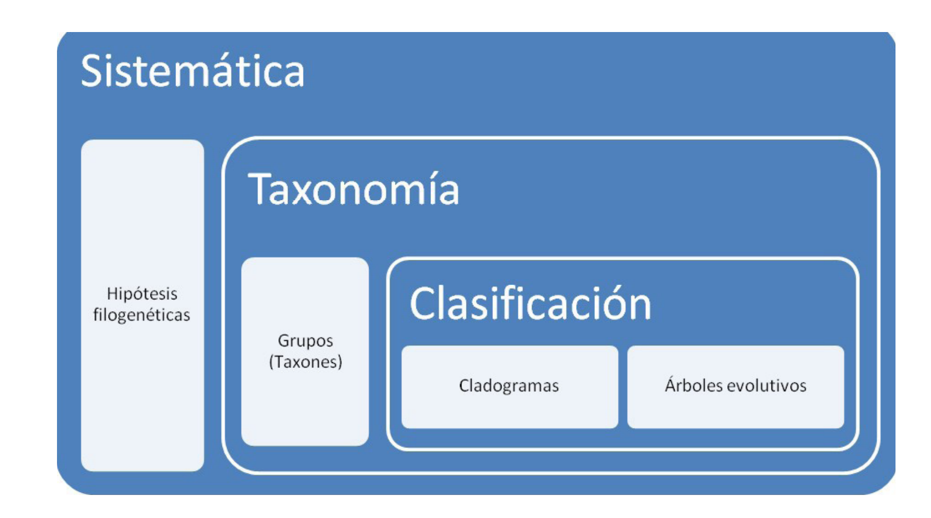


Figura 1.1. Relación entre los conceptos clasificación, taxonomía y sistemática.

El reconocimiento de que la diversidad es fruto de la evolución hizo que Charles Darwin propusiera que se elaborara una clasificación estrictamente basada en el parentesco (filogenia). Este objetivo se está logrando gracias al entomólogo alemán Willi Hennig que, en 1950, propuso su teoría de la sistemática filogenética (actualmente se la denomina cladismo), que introducía explícitamente el concepto de evolución en sistemática. La idea central es la monofilia estricta; un grupo es monofilético si comprende únicamente a la especie ancestral de este grupo y todos sus descendientes. El criterio de reconocimiento de un grupo monofilético es la identificación de al menos un carácter compartido por todos los miembros del grupo y heredado de su especie ancestral, estos caracteres se denominan sinapomorfías. Los grupos armados en una clasificación pueden ser de tres tipos: monofiléticos, parafiléticos y polifiléticos. La Sistemática actual utiliza el análisis filogenético y el principio de parsimonia (principio central en la ciencia, que establece que de todas las explicaciones posibles para un fenómeno determinado, la más sencilla de todas es probablemente la más correcta) para elaborar esquemas filogenéticos en los cuales todos los grupos formados sean exclusivamente monofiléticos (Figura 1.2) y reflejan las relaciones evolutivas en árboles denominados cladogramas. Ésto ha provocado una revolución en las clasificaciones, que ya no se limitan a catalogar, sino que se convierten en explicación (filogenética) de la diversidad, y en la más rica fuente de hipótesis para todas las disciplinas

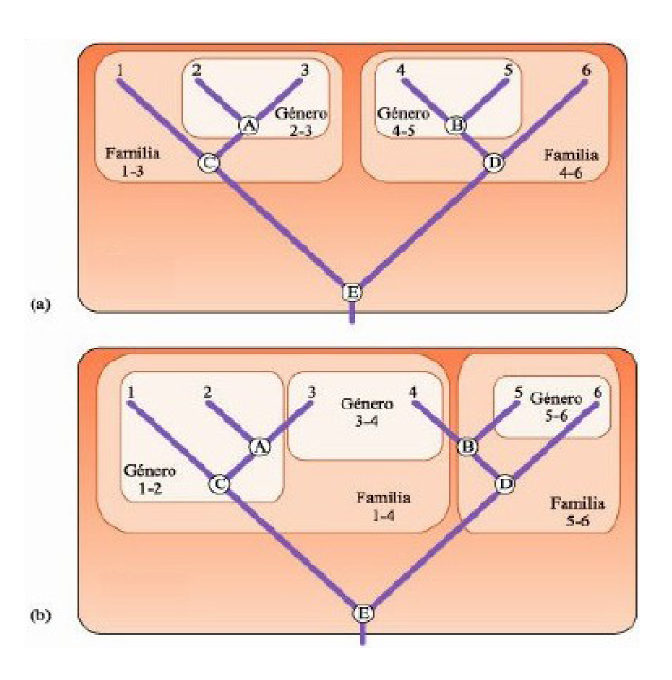


Figura 1.2. Esquemas filogenéticos.

experimentales de la Biología, constituyendo la Sistemática la síntesis del conocimiento de los seres vivos.

¿Qué significa parafilético, polifilético y monofilético?

Monofilético: Es aquel grupo que comprende todos los descendientes de un antecesor común, es el caso de todos los grupos del árbol (a), en el cual los ancestros están marcados por letras mayúsculas, por ejemplo el ancestro de la familia 1-3 es C y el grupo formado es monofilético.

Polifilético: es el grupo en el cual se han mezclado especies provenientes de distintos antecesores originales, y que se han agrupado por convergencia adaptativa y similitud general superficial. Por ejemplo en el árbol (b) el género 3-4 es un grupo polifilético, ya que sus integrantes poseen dos ancestros diferentes A y B.

Parafilético: grupo que contiene sólo una parte de los descendientes de un antecesor común; por ejemplo en el árbol (b) el género 1-2 es un grupo parafilético, ya que le falta la especie 3 para tener todos los descendientes del ancestro C; lo mismo ocurre con la familia 5-6, donde falta la especie 4.

Recordemos: la historia filogenética de los seres vivos es única y nuestro mayor logro es aproximarnos cada vez más a dilucidar cuáles son (y han sido) las relaciones entre los organismos. La clasificación debe reflejar las relaciones evolutivas, por lo cual la Sistemática está pasando por una de sus mayores revoluciones. Para que sean realmente informativos, los grupos en una clasificación deben ser estrictamente monofiléticos, lo que se refleja en características compartidas y únicas de esos grupos y NO en la ausencia de características, como lo ha hecho la clasificación tradicional, que sigue siendo artificial, armando grupos como por ejemplo «invertebrados», «peces», «reptiles», «briofitas» «pteridofitas».

La Especie

La especie es la unidad básica de clasificación de los seres vivos; pero ¿cómo se define? Es muy dificultoso establecer una ampliamente aceptada, ya que existen al menos 14 definiciones de especie, pero en

la práctica podemos utilizar dos características para lograr reconocer una especie: la primera es que agrupe a individuos con características muy similares y la segunda es que esos individuos puedan reproducirse y tener una descendencia fértil. Una especie puede dividirse en subespecies o variedades. Dentro de una misma especie, a veces, se encuentran grupos de individuos que presentan diferencias, pero que pueden tener descendencia: son las subespecies, que suelen llamarse razas, en el caso de los animales domésticos, y variedades, en el caso de las plantas. Tal es el caso, por ejemplo, de los perros domésticos: un san bernardo, un caniche o un dobermann son muy diferentes en carácter, forma y tamaño; pero no forman especies diferentes sino que son razas distintas de una misma especie, el perro doméstico.

Nomenclatura biológica y categorías taxonómicas

El nombre científico de un ser vivo se escribe en latín y se compone de dos palabras, como establece la nomenclatura binomial elaborada en el siglo XVIII por Carl von Linneo, un naturalista sueco. La primera de ellas, que se escribe con mayúscula, se denomina género y es un sustantivo; la segunda, en minúscula, se denomina epíteto específico, que generalmente hace referencia a alguna característica particular de la especie, como el color, el tamaño o la región de origen. Estas dos palabras están seguidas por la denominada sigla que es el apellido (o su abreviatura) de la persona que dio nombre a la especie, la que a veces no es obligatorio escribirla, en especial en el caso de la nomenclatura zoológica; por ejemplo nuestra propia especie tiene por nombre científico Homo sapiens L. (Tabla 1.1).

Homo	sapiens	L.
Género, que en latín quiere decir «hombre»	**Epíteto específico,** quiere decir «que sabe»	**Sigla,** abreviatura del apellido de **Linneo,** que puso nombre a nuestra especie

Tabla 1.1. Partes del nombre científico del ser humano.

La clasificación biológica incluye una serie de niveles o rangos denominados categorías taxonómicas, que son inclusivas entre sí (es decir, poseen una jerarquía) y representan la genealogía evolutiva de los grupos de organismos, que se denominan taxones. Un taxón es un

grupo de organismos considerado como unidad filogenética, es decir, es monofilético, en cualquier rango del sistema clasificatorio. Los taxones de rango superior incluyen a los de rango inferior, de esta forma, las clasificaciones permiten almacenar y recuperar información de manera eficiente y la jerarquía de los grupos representa el resultado de la filogenia, es decir, las relaciones de parentesco y ancestralidad entre ellos.

Las especies cercanas, que presentan una serie de características comunes y un ancestro en común, se clasifican en grupos que reciben el nombre de Género. Por ejemplo, el tigre (Panthera tigris), el leopardo (Panthera pardus) y el león (Panthera leo) son especies evolutivamente muy relacionadas, por lo que pertenecen a un mismo género. Los géneros más relacionados filogenéticamente se reúnen en grupos mayores, que reciben el nombre de Familias. Así, todos los felinos forman la familia de los Félidos. Las familias se incluyen, a su vez, en el siguiente grupo, el Orden. Los Félidos, por ejemplo, pertenecen al orden de los Carnívoros. El grupo siguiente es la Clase. Los animales mencionados anteriormente pertenecen a la clase de los Mamíferos, que incluye a muchos otros animales, como los ratones, perros, gorilas y nosotros mismos. El anteúltimo grupo es el Phylum (plural Phyla) para la zoología, o División para la botánica, que se compone de clases relacionadas evolutivamente. Los mamíferos, las aves, los «reptiles», los anfibios y los «peces» pertenecen al phylum Cordados.

Resumiendo: Las especies se agrupan en géneros, los géneros se agrupan en familias, las familias en órdenes, los órdenes en clases, las clases en phyla (animales) o divisiones (los demás seres vivos) y éstos a su vez en reinos (Tabla 1.2).

Tabla 1.2. Clasificación comparativa de una planta y un animal.

Reino	**Plantae**	**Animalia**
División/ Phylum	Charophyta	Chordata
Clase	Equisetopsida	Mammalia
Subclase	Magnoliidae ("Magnoliofitas")	Eutheria
Orden	Fabales	Primates
Familia	Fabaceae	Hominidae
Género	*Prosopis*	*Homo*
Epíteto específico	*caladenia*	*sapiens*
Nombre científico	*Prosopis caldenia* Burkart	*Homo sapiens* L.
Nombre vulgar	"caldén"	"ser humano"

El Reino es el más alto de los niveles de clasificación. Los organismos vivos fueron divididos originalmente por Carl von Linneo en dos grupos simples: Vegetabilia (plantas, hongos y algas) y Animalia (animales). Sin embargo, ciertos organismos tienen características propias de ambos reinos. Ésto, que se hizo particularmente evidente con el uso del microscopio y el estudio de las células, motivó que fueran añadiéndose nuevos grupos de forma gradual.

En el esquema clasificatorio tradicional, a partir de la clasificación de cinco reinos de Whittaker (1969), los grupos estaban separados fundamentalmente por el tipo celular, la división de trabajo en los tejidos y el rol que cumplen en el ecosistema. Ésto es esencialmente funcional sin tener en cuenta la filogenia (historia evolutiva) de los grupos, lo que hace a esta clasificación artificial (incluyendo grupos parafiléticos y polifiléticos) y no reflejan la historia de la vida en la Tierra (Figura 1.3).

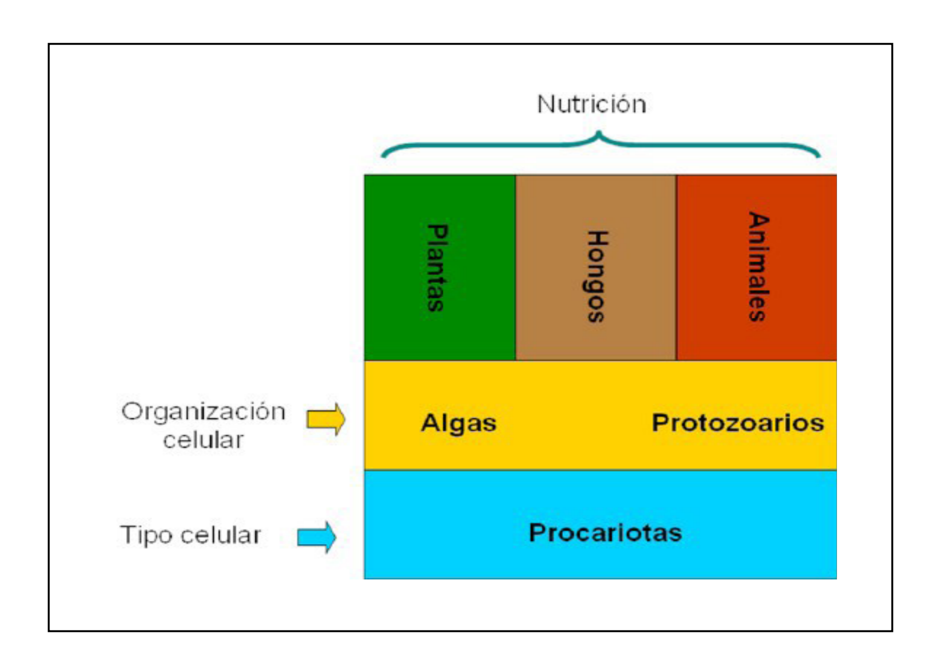


Figura 1.3. Esquema de cinco reinos (Whittaker, 1969), en el cual los grupos formados son parafiléticos y polifiléticos. A los costados, los criterios utilizados para la clasificación.

Actualmente, los avances en los estudios ultraestructurales, moleculares, genéticos y de endosimbiosis han resuelto en su mayor parte el arbusto filogenético de la vida.

La teoría endosimbiótica describe el paso de las células procario-

tas (bacterias o arqueobacterias) a las células eucariotas (células con el ADN encerrado por una membrana) mediante incorporaciones de otros organismos, los cuales no fueron digeridos y terminaron por conformar, en conjunto, un nuevo organismo. Lynn Margulis (1967) formuló lo que se conoce como «Teoría de la endosimbiosis serial», que propone que la primera célula eucariota de la Tierra se formó mediante la fusión de tres bacterias preexistentes completas, con los genes de cada una incluidos. Una de esas bacterias aportó los andamios de microtúbulos, otra, ciertas capacidades metabólicas especiales y la tercera (que se sumó más tarde a las otras dos) se convirtió en las actuales mitocondrias. Luego uno de sus descendientes sufrió otro proceso, en donde se produjo la incorporación de una bacteria fotosintética (cianobacteria), de la que provienen los actuales cloroplastos (Fig. 1.4).

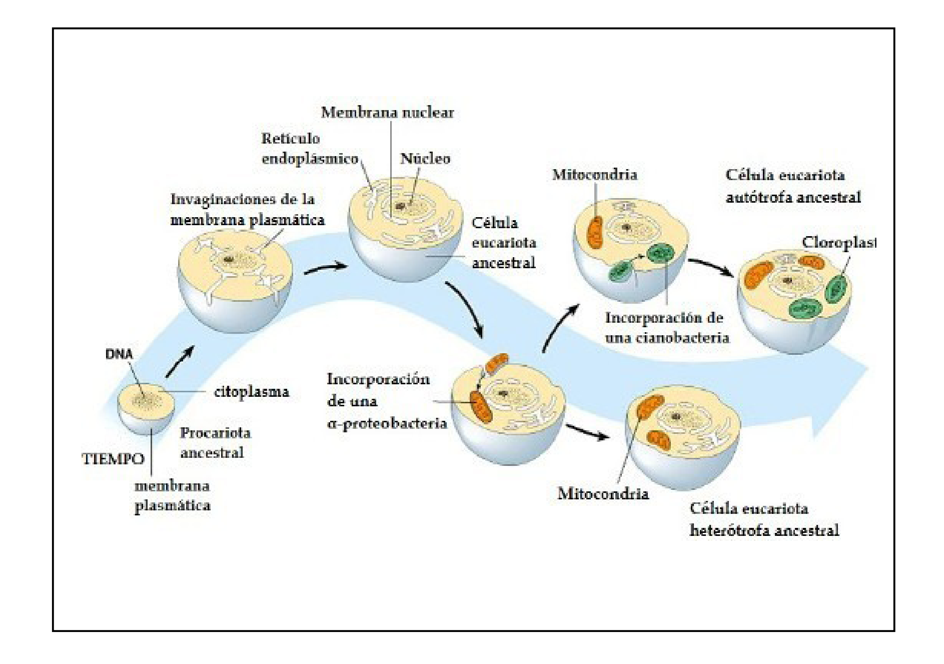


Figura 1.4. Procesos de origen y evolución de las células eucariotas (adaptado de Pearson Education Inc., publishing as Benjamin Cummings, Copyright).

Todos estos procesos están comprobados por pruebas moleculares y genéticas y reflejan nuevas relaciones evolutivas entre los seres vivos (Fig. 1.5), en el cual existen en la naturaleza seis reinos agrupados a su vez en dos dominios o superreinos (esta última categoría todavía no está formalmente aceptada por los códigos de nomenclatura): Prokaryota, que incluye un solo reino, y Eukaryota, que reúne a cinco reinos (Fig. 1.6)

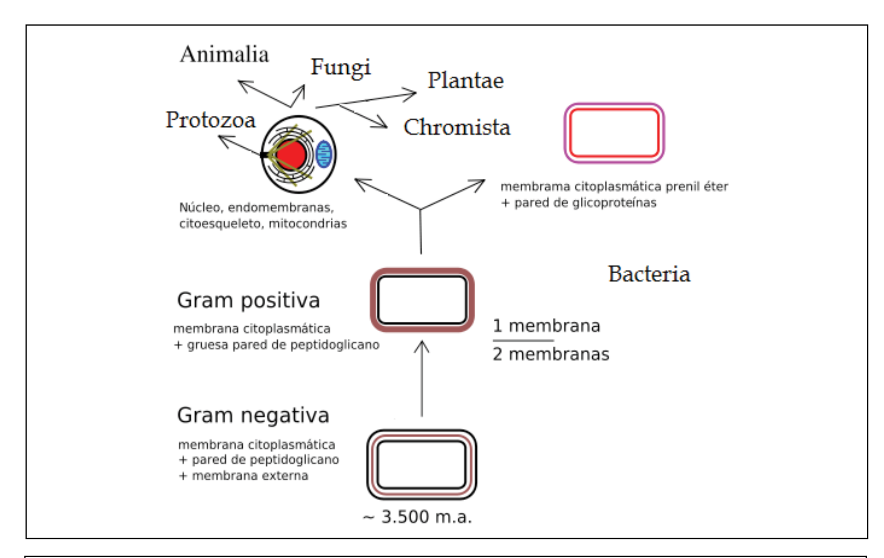


Figura 1.5. Relaciones evolutivas entre los grupos de organismos (Adaptado de Cavalier-Smith, 2006).

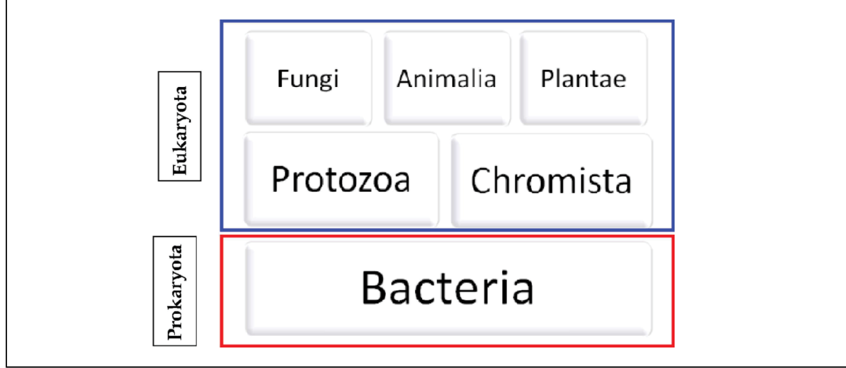


Figura 1.6. Esquema clasificatorio actual

Características de los Dominios y Reinos

Dominio (o Superreino) **PROKARYOTA** Dougherty, 1957.
(del griego ðñü, *pro*: antes de; casi y êÜñõïí, *karyon*: núcleo)

Esta categoría incluye todos los organismos que poseen los ribosomas en el mismo compartimento que el cromosoma circular y, además, presentan un compartimento que rodea al citoplasma denominado periplasma. Incluye un solo reino.

Reino **BACTERIA** Cohn, 1870.

Organismos que son visibles únicamente con el microscopio. Son células procariotas, con nucleoide, es decir un cromosoma único, circular, no rodeado por una membrana, constituido por una sola molé-

cula de ADN bicatenario, circular, el cual está cerrado covalentemente (Fig. 1.7).

No poseen organelas salvo ribosomas. Incluye organismos unicelulares solitarios o coloniales, como las bacterias, las arqueobacterias y las cianobacterias.

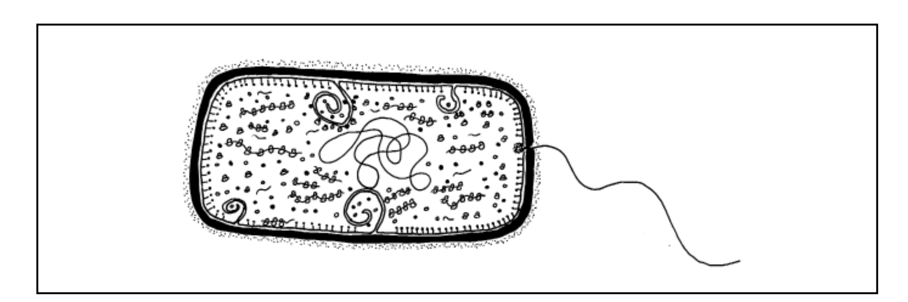


Figura 1.7. Esquema se una bacteria.

La nutrición siempre es por ósmosis de nutrientes disueltos en el exterior (osmotrofía) y pueden ser autótrofos o heterótrofos (en el caso de las cianobacterias, que realizan fotosíntesis). La reproducción es por fisión binaria, no existe la mitosis como así tampoco la reproducción sexual, el intercambio genético ocurre por transferencia de genes directa (lo que se conoce como parasexualidad). La locomoción es por flagelos, cilios o son organismos inmóviles. Con respecto a las arqueobacterias, tradicionalmente se las ubicaba en un reino aparte por sus características bioquímicas (y hasta en un dominio aparte denominado Archaea por Woese, 1990) y se consideraba que eran los organismos más primitivos. Actualmente se ha demostrado que derivan de las eubacterias (bacterias con pared celular de mureína) siendo de aparición mucho más reciente y constituyen el grupo hermano de los organismos eucariotas (Fig. 1.8).

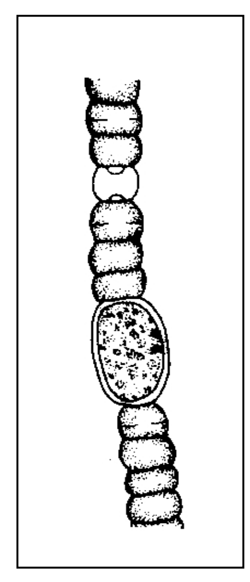


Figura 1.8. Anabaena (Cianobacteria).

Dentro de este reino se encuentran las bacterias, las cianobacterias (mal llamadas «algas verde azules») y las arquibacterias.

Dominio (o Superreino) **EUKARYOTA** (del griego εν *eu*: "verdadero" y καρυον *karyon*: «núcleo»).

Esta categoría agrupa organismos que pre-

sentan células eucariotas, es decir con núcleo, en donde el ADN está rodeado por una doble membrana. Además, en el citoplasma presentan organelas limitadas por membranas biológicas, sistemas de endomembranas y citoesqueleto formado por microtúbulos y diversos filamentos proteicos. En general poseen mitocondrias, las que derivan de una bacteria á-proteobacteria (por el proceso de endosimbiosis) lo que le da la posibilidad de una respiración de tipo aeróbica. Incluye cinco reinos.

Reino **PROTOZOA** Owen, 1858.

Organismos unicelulares, plasmodiales, coloniales, o formas multinucleadas que se reproducen por esporas y son visibles a simple vista (denominados mohos muscilaginosos). Los integrantes de este reino son primitivamente heterotróficos que incorporan nutrientes a través del proceso de fagocitosis (son fagotróficos) aunque algunos grupos son mixotróficos, es decir, pueden hacer fotosíntesis, como los euglenozoos (Fig. 1.9).

En este último grupo los cloroplastos están rodeados siempre por tres membranas y surgieron por endosimbiosis con alguna clorofita (alga verde), ya que contienen clorofila a y b, betacaroteno y xantófilas.

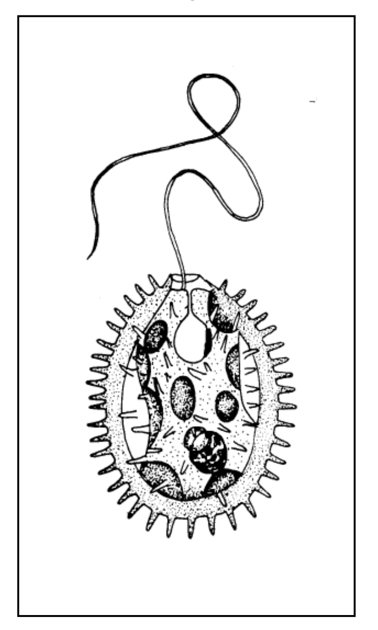


Figura 1.9. Trachelomonas (Euglenozoo).

La mayoría de los protozoos poseen dos flagelos (por lo menos ancestralmente), usualmente uno orientado hacia adelante y el otro hacia atrás, que se insertan paralelos uno al otro en un bolsillo apical o subapical, algunos grupos poseen cuatro o más flagelos o inclusive uno. Los que poseen un flagelo avanzan con éste en posición posterior (como una cola) y en la base del flagelo presentan un collar de microvellosidades. Los que no poseen flagelos se desplazan por flujo interno del citoplasma que produce prolongaciones celulares denominadas seudopodios.

Los organismos de este reino tienen células eucariotas en donde las mitocondrias poseen la particularidad de presentar crestas discoides, tubulares, planas o crestas con dilataciones o bolsas. Algunos ca-

recen de mitocondrias y se les denomina «amitocondriales», aunque retienen un orgánulo mitocondrial modificado. Estudios moleculares han demostrado que la ausencia de mitocondrias es debida a una pérdida. Éstos organismos poseen uno o dos núcleos rodeados de un sistema de microtúbulos asociados a los dos pares de flagelos.

La reproducción puede ser asexual por bipartición y también sexual por isogametos o por conjugación intercambiando material genético. Incluye varias formas de vida libre, terrestres, de agua dulce o marinas, así como unas pocas formas parásitas importantes, inclusive del humano como el agente causal de la amebiasis (Entamoeba histolytica), de la enfermedad de Chagas-Mazza (Tripanosoma cruzi) y la giardiasis (Giardia intestinalis).

Reino **FUNGI** Linnaeus, 1753.

Este reino incluye los llamados «hongos», que son organismos terrestres o acuáticos, no fagotróficos, pero heterótrofos, en donde la incorporación de nutrientes se realiza por absorción, es decir, secretan enzimas que reducen el alimento a moléculas simples que son incorporadas al cuerpo. Las «células» poseen paredes celulares de quitina y beta-glucano. Alguna especies pueden ser unicelulares como las levaduras, aunque la mayoría tienen un cuerpo multinucleado y tabicado internamente, lo que les da la apariencia de ser pluricelular, aunque los tabiques poseen poros que dejan pasar citoplasma y hasta núcleos, por lo cual no hay independencia entre las «células» y no se los puede clasificar verdaderamente como pluricelulares. Este cuerpo es de tipo difuso y filamentoso, en donde los filamentos reciben el nombre de hifas y cuyo conjunto conforma el micelio.

Las estructuras que vemos a simple vista y denominamos «hongos» son los cuerpos fructíferos formados por la compactación de hifas y están especializadas en la producción de esporas (Fig. 1.10). Las sustancias de almacenamiento son glucógeno y lípidos. Algunos son parásitos facultativos, obligados o simbiontes, aunque hay especies saprofíticas. Los simbiontes pueden serlo con algas (formando los denominados líquenes) o con las raíces de plantas vasculares (micorrizas).

Los hongos parásitos poseen hifas especializadas en la absorción de los nutrientes directamente de las células del organismo parasitado, denominadas haustorios. La reproducción puede ser asexual, por fragmentación de hifas o producción de esporas y sexual, en ésta última los

hongos pasan por tres etapas: contacto y fusión de citoplasmas (plasmogamia), fusión de núcleos (cariogamia) y finalmente, meiosis. Incluye organismos de gran importancia alimenticia como la levadura (Saccharomyces cereviciae) o el champignon cultivado (especies Agaricus campestris y Agaricus biporus), medicinal (de los hongos Penicillium notatum y Penicillium chrysogenicum se extrae el antibiótico penicilina) y económico, por los daños que algunos causan en los cultivos como el carbón común del maíz (Lustilago maydis), roya del sorgo (Puccinia purpurea) o el tizón hediondo (Tilletia tritici).

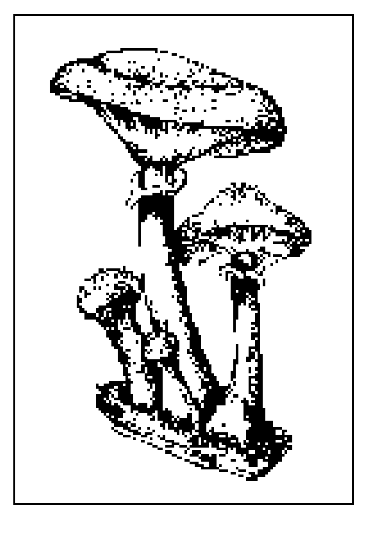


Figura 1.10. Armillaria mellea (Basidiomicetes).

Reino **ANIMALIA** Linnaeus, 1758 (sinónimo: Metazoa).

Este reino agrupa organismos estricta y verdaderamente multicelulares, en donde las células poseen una membrana plasmática que las rodea completamente y las aísla unas de otras, las células permanecen unidas entre sí por uniones tipo desmosomas y uniones estrechas. Las células son eucariotas con metabolismo aeróbico, es decir, poseen mitocondrias y utilizan el oxígeno como aceptor final de protones y electrones en la respiración celular y poseen una matriz extracelular de glicoproteínas y colágeno.

A su vez poseen las células organizadas en tejidos, en donde el tejido conectivo con colágeno se sitúa siempre entre dos capas epiteliales diferentes. Para responder a los estímulos poseen células especializadas denominadas células nerviosas, las que pueden organizarse en un tejido y sistema nervioso. Son organismos heterótrofos e incorporan los nutrientes por ingestión de alimento. La reproducción es asexual por partenogénesis o sexual, mediante la producción de gametas haploides (surgidas por meiosis) de tamaño muy diferente (anisogamia) que por fecundación originan un cigoto diploide.

El desarrollo embrionario es por división mitótica del cigoto y formación de una blástula (etapa que se caracteriza por una capa de células que recubre una cavidad central) que determina planes corporales básicos y fijos, aunque luego pueden modificarse por metamor-


Figura 1.11. Nasua nasua (Coatí).

fosis. Son organismos que han logrado colonizar todos los ambientes del planeta, los terrestres, aeroterrestres y acuáticos, tanto de agua dulce como marinos y es uno de los reinos con mayor diversidad, incluye organismos de vida libre, parásitos y simbiontes con gran diversidad de planes corporales, como por ejemplo las lombrices, gusanos, insectos, arañas, cangrejos, estrellas de mar, corales, anémonas de mar, caracoles, pulpos, peces, anfibios, aves, lagartos, serpientes, perros, vaca, caballo, coatíes (Fig. 1.11), monos y nosotros mismos.

Reino **PLANTAE** Haeckel, 1866 (sinónimos: Primoplantae, Archaeplastidia).

Este reino incluye organismos unicelulares o simplásticos, en donde el citoplasma posee una cubierta rígida externa de un carbohidrato denominado celulosa.

Esta cubierta rígida («pared celular») puede tabicar internamente al citoplasma, pero estos tabiques son incompletos dejando durante su formación poros denominados plasmodesmos, que permiten la comunicación y transferencia de organelas y contenido citoplasmático entre los diferentes compartimentos o «células», que en consecuencia no son independientes entre sí, por lo que estos organismos simulan ser, en apariencia, «pluricelulares». Los organismos de este reino son autótrofos, con la producción inicial de glucosa por medio del proceso de la fotosíntesis, durante el cual utilizan la energía de la luz del sol, el dióxido de carbono y el agua para producir azúcares y liberar oxígeno como desecho del proceso. Este proceso se lleva a cabo en los cloroplastos, que están situados siempre en el citosol, poseen como pigmento fotosintético principal la clorofila a, y están rodeados únicamente por dos membranas. Estos cloroplastos internamente poseen tilacoides simples o agrupados en granas y se originaron por endosimbiosis

primaria, en donde las dos membranas del cloroplasto derivan de las dos membranas de la cianobacteria Gram negativa que el organismo eucariótico primitivo ingirió sin destruir, originando un endosimbionte. Aunque existen plantas que no realizan fotosíntesis y son parásitas, se ha demostrado que ésto es una consecuencia de una pérdida secundaria de los cloroplastos. Como sustancia de reserva poseen un carbohidrato llamado almidón. Además poseen metabolismo aerobio por la presencia de mitocondrias con crestas planas, por lo que, las plantas poseen tres juegos de ADN, uno en el núcleo, otro en el cloroplasto y otro en las mitocondrias. La reproducción puede ser asexual, por fragmentos del cuerpo, o sexual por la producción de gametos haploides. Los ciclos de vida pueden ser de tipo haplonte, diplonte o haplodiplonte, con independiencia o no de las generaciones. Son organismos que habitan en ambientes terrestres, dulceacuícolas y marinos, siempre dentro de la zona fótica (con luz) e incluye a las llamadas «algas rojas» (rodofitas, Fig. 1.12), las glaucofitas, las «algas verdes» (clorofitas, Fig. 1.13 y Fig. 1.14), los musgos, hepáticas (Fig. 1.15) licofitas, helechos y plantas con semillas (Fig. 1. 16).

Reino **CHROMISTA** Cavalier-Smith, 1981.

Este reino incluye organismos eucariotas uni o pluricelulares que pueden o no realizar la fotosíntesis, es decir, son autótrofos o heterótrofos, con mitocondrias que poseen crestas tubulares o planas. Algunos organismos poseen alvéolos corticales, que son vesículas planas dispuestas en una capa continua por debajo de la membrana plasmática, que

Figura 1.12. Chondrus (Alga roja).

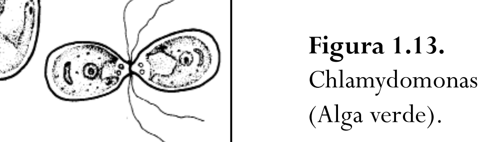


Figura 1.13. Chlamydomonas (Alga verde).

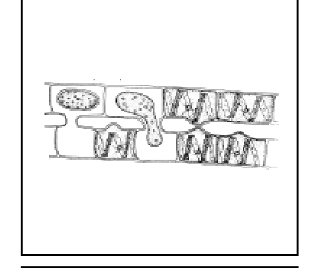


Figura 1.14. Spirogyra (Alga verde).

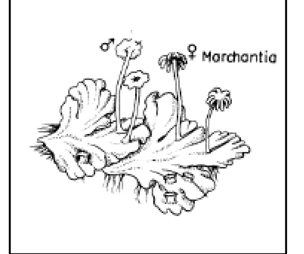


Figura 1.15. Hepática.

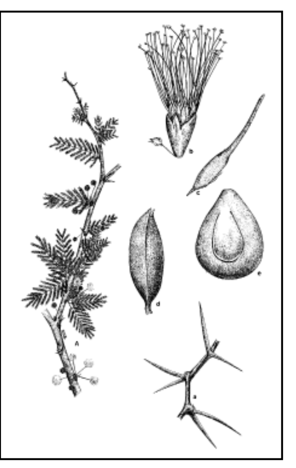
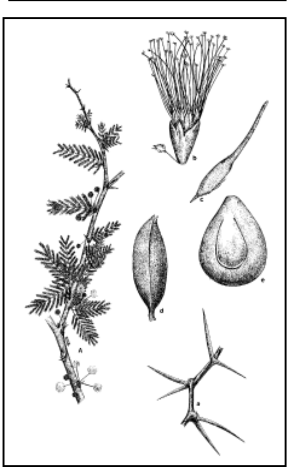



Figura 1.16. Acacia caven (Espinillo).

Figura 1.17. Nereocystis (Alga parda).

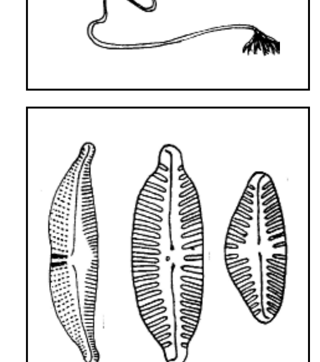


Figura 1.18. Diatomeas.

son reservóreos de calcio, formando típicamente una película flexible. Los organismos fotosintéticos de este reino poseen los cloroplastos inmersos en el retículo endoplasmático rugoso, con clorofila a y c y rodeados por cuatro membranas, una en común con el núcleo.

Estos cloroplastos se originaron por endosimbiosis secundaria, en donde un organismo eucariota incorporó como endosimbionte a un alga roja. Además presentan pigmentos accesorios como las fucoxantinas, que le da un color amarillo terroso (Chromista significa «coloreado»). En la etapa móvil de su vida, los organismos poseen dos flagelos muy diferentes en tamaño o forma, uno con mastigonemas tubulares (ramificaciones perpendiculares del flagelo). Los flagelos se insertan subapicalmente o lateralmente y se apoyan generalmente en cuatro raíces microtubulares con un patrón distintivo, a veces un flagelo está reducido sólo al cuerpo basal. Las sustancias de reserva son la laminarina o leucosina. Algunos grupos han perdido evolutivamente alguna de estas características, pero los estudios moleculares y genéticos demuestran que están filogenéticamente emparentados. Por ejemplo en las diatomeas se han perdido los mastigonemas del flagelo, aunque conservan los cloroplastos con cuatro membranas. Las células de los organismos de este reino están desnudas o cubiertas por diversas sustancias. Si las células están desnudas, entonces su superficie está cubierta por cilios (más cortos y numerosos que los flagelos), alineados regularmente. En algunos grupos, las células pueden estar cubiertas por una capa gelatinosa orgánica o silícea, con escamas y espinas producidas por vesículas especiales, o por un exoesqueleto de placas calcáreas denominadas cocolitos, que pueden ser de estructura compleja. Algunos miembros de este reino son ameboides, cuyos seudópodos son filiformes, reticulados o con un soporte microtubular. La reproducción puede ser asexual por bipartición o esporas o sexual, en donde a veces intervienen macro y micronúcleos.

Es uno de los reinos más diversos que existe (superado solamente por Animalia) y los organismos que incluye son terrestres o acuáti-

cos, de agua dulce o marinos, de vida libre o parásitos, por ejemplo, Phytophthora infestans fue el causante de la hambruna en Irlanda en el siglo XIX, al destruir los cultivos de papa. Incluye organismos como las algas pardas y doradas (crisofitas, feofitas, Fig. 1.17), las diatomeas (bacilariofitas, Fig. 1.18), los mohos acuáticos (oomicetos), los alveolados, que incluye ciliados (Fig. 1.19, 1.20 y 1.21), dinoflagelados como Ceratium y apicomplexos de importancia en medicina por producir enfermedades como la malaria, causada por cuatro especies del género Plasmodium).

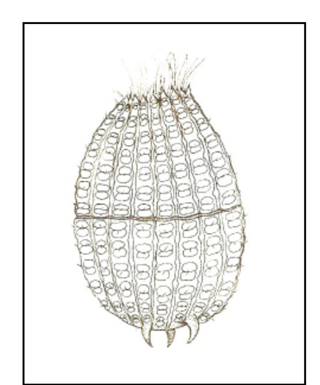


Figura 1.19. Coleps (Ciliado).

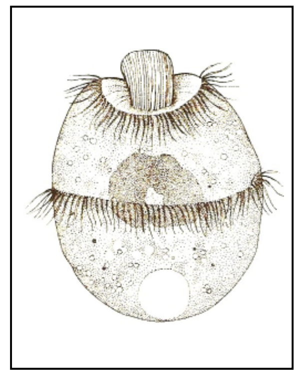


Figura 1.20. Didynium (Ciliado).

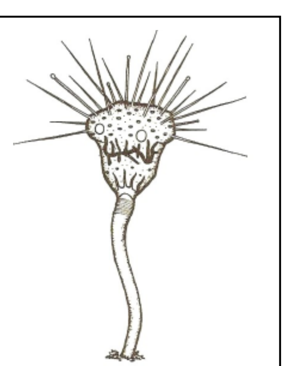


Figura 1.21. Ephelota (Ciliado).

Capítulo 2

Las fronteras de la vida
Características que identifican a los seres vivos

Por Valeria Alejandra Autrán

En la actualidad se acepta que los seres vivos comparten un grupo de características particulares que ayudan a diferenciarlos de los objetos inanimados.

Estas características son:

a. La célula como unidad básica

Todos los organismos se componen de unidades básicas llamadas células y de sustancias producidas en las mismas (Fig. 5.1 y 5.2). Los organismos más simples se componen de una sola célula y se denominan unicelulares (bacterias, protozoos), mientras que los organismos más complejos están formados por miles de millones de células y son llamados pluricelulares (algas, hongos y animales). En estos organismos, las células que lo forman deben coordinar su funcionamiento.

b. Crecimiento y desarrollo

Aunque algunos objetos inanimados parecen crecer, como por

ejemplo, una solución sobresaturada de sal al cristalizarse, ésto no es crecimiento en el sentido biológico. En biología se restringe el término crecimiento a los procesos que aumentan el volumen de materia viva en un organismo. Por lo tanto, el crecimiento es el aumento de masa resultante del mayor tamaño de células, número de células o ambos. En las plantas superiores el crecimiento continúa durante un tiempo indefinido, mientras que en los animales tiene lugar durante un tiempo definido.

Con niveles crecientes de complejidad y organización, los seres vivos no podrían alcanzar su forma o funciones adultas a menos que su crecimiento esté regulado y coordinado cuidadosamente (información que se encuentra en los genes). Es decir los organismos, además de crecer, se desarrollan. Este proceso involucra todos los cambios que ocurren durante la vida de un organismo, que hace que a partir de una célula única se alcance un adulto pluricelular maduro. La metamorfosis de los insectos es un caso asombroso de los cambios que ocurren durante el desarrollo.

c. Metabolismo

La transformación de materia y energía en un organismo se llama metabolismo. Éste incluye los procesos químicos indispensables para la nutrición, el crecimiento y la reproducción, tanto para células procarióticas como para las que evolucionaron luego (eucarióticas). De esta manera, los organismos funcionan como un sistema abierto, ya que obtienen su materia prima y energía del ambiente, usándolas para sintetizar moléculas más complejas compuestas por carbono. Estas macromoléculas proporcionan energía para las reacciones químicas necesarias para la vida.

Existen dos tipos principales de reacciones metabólicas:

1. catabólicas, reacciones de degradación de moléculas relativamente complejas. En general, son de naturaleza oxidativa y liberan energía, por lo tanto son de tipo exergónico. El conjunto de reacciones catabólicas se denomina catabolismo,

2. anabólicas, reacciones de síntesis de moléculas relativamente complejas a partir de precursores más sencillos. Son de naturaleza reductora y requieren energía, por lo tanto son endergónicas. El conjunto de reacciones anabólicas se denomina anabolismo.

d. Homeostasis

Los organismos intercambian materia continuamente con el mundo externo siempre cambiante, pudiendo ellos mantener su medio interno estable dentro de ciertas condiciones físicas y químicas en un tiempo determinado. Lo hacen a través de ajustes metabólicos.

e. Movimiento

Algunos organismos, como la mayoría de los animales, se mueven en forma evidente, saltan, corren, reptan, vuelan, nadan; mientras que otros lo hacen en forma menos perceptible como las plantas que orientan sus hojas o inflorescencias hacia la luz del sol (girasol).

La locomoción puede resultar de un desplazamiento lento de células, de la oscilación de prolongaciones filiformes llamadas cilios, de estructuras semejantes pero de mayor longitud, denominadas flagelos o de la contracción de músculos (Fig. 2.1).



Figura 2.1

Movimiento.

A. Heliozoo con pseudópodos (prolongaciones de la célula).
B. Ciliado.
C. Flagelado.
D. Mamífero, contracción de músculos.

Algunas especies, como los corales y ostras, tienen una etapa de vida larval de nado libre pero en estado adulto son sésiles, por lo que, para conseguir alimento, éstos tienen cilios o flagelos que al moverse generan el movimiento del agua que los rodea.

f. Respuesta a estímulos

Los estímulos son cambios físicos o químicos que se producen en el medio interno o externo de un organismo. Éstos producen una respuesta tanto en los organismos unicelulares, como así también en los pluricelulares. Los estímulos son muchos y variados, desde cambios profundos en el medio ambiente a cambios menores de temperatura, presión, contenido de agua, disponibilidad de alimentos, diferencia de pH, entre otros.

El ejemplo más interesante de velocidad de respuesta a un estímulo en las plantas puede ser la atrapamoscas de Venus (planta carnívora), ya que sus hojas son muy sensibles al contacto físico (Fig. 2.2). Poseen pelos receptores y una bisagra en la parte media que, ante el estímulo físico que le produce el contacto con un insecto, hace que se cierre entrelazando sus pelos. De esta forma, atrapa la presa y luego la «digiere» por secreción de enzimas. Otro ejemplo es la variación de color de las flores en la hortensia como respuesta al cambio de pH en el suelo. En algunas especies de Leguminosas y otras familias existe una estructura en la hoja llamada pulvínulo, que ante un estímulo mecánico o lumínico, es capaz de plegarla.

g. Reproducción

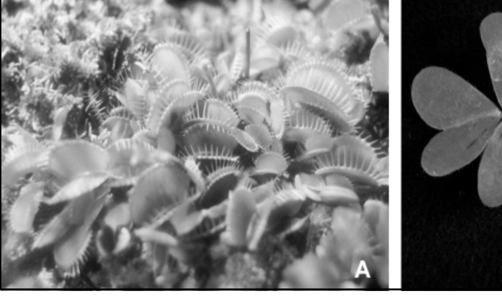




Figura 2.2
A. Dionaea muscipula «Atrapamosca deVenus».
B. Oxalis tuberosa «Vinagrillo», hoja durante el día y la noche.

Antiguamente se creía que los gusanos surgían de los pelos de caballos o del agua; las larvas, de la carne en descomposición; y

los sapos, del limo del río Nilo. Hoy se conoce que, en las actuales condiciones del planeta Tierra, todo ser vivo proviene de otro preexistente, es decir que las células se originan de otras células y no de material no celular.

Los organismos unicelulares se reproducen duplicando su material genético y luego dividiéndose en dos nuevas células idénticas entre sí y a sus progenitoras, proceso que se conoce como reproducción asexual. En la mayoría de los organismos pluricelulares, la reproducción depende de células especializadas llamadas gametos que provienen, en general, de dos progenitores. Éstos se unen para formar un huevo o cigoto a partir del cual se desarrolla un organismo con material genético combinado. Este proceso se denomina reproducción sexual (Fig. 2.3). La variabilidad genética resultante es importante como base para la evolución y adaptación.

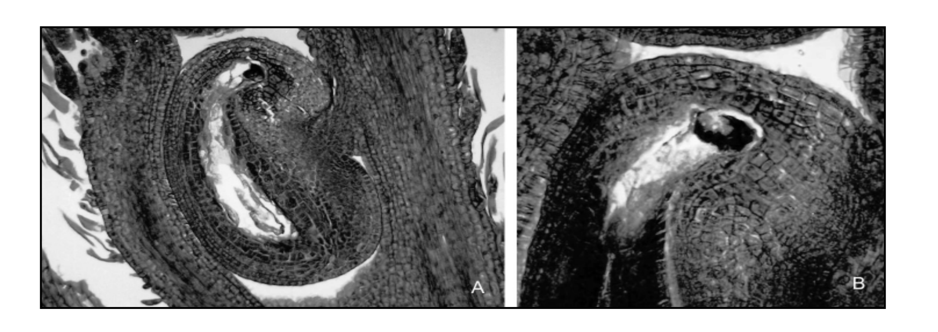


Figura 2.3
Reproducción sexual.
A. Gametofito femenino de Adesmia muricata.
B. Detalle de la oósfera.

Los seres vivos están en permanente cambio, adaptándose a los cambios en los ambientes, este proceso es conocido como evolución. En cualquier población ocurren variaciones aleatorias entre los organismos individuales, algunas de ellas son hereditarias. La interacción entre estas y el ambiente determinan en grado significativo cuáles son los individuos que sobrevivirán y se reproducirán, y cuáles no. Este mecanismo puede tener numerosas variaciones, pudiendo actuar tanto a favor como en contra de los organismos, pero en todos los casos lo que ocurrirá es la reproducción diferencial: ciertos organismos de la población se reproducirán más que otros. De esta manera la eficacia biológica (supervivencia, fertilidad, fecundidad) va a ser diferente para los distintos organismos porque cada uno tendrá un número diferente de descendientes; entonces, aquellos organismos con mayor aptitud en el lugar y momento que les tocó vivir estarán

más representados en la próxima generación (por haber dejado mayor cantidad de descendientes), aumentando en la población, consecuentemente, la frecuencia de los caracteres que resultaron beneficiosos para sus portadores. Aquellas características que permiten la supervivencia diferencial de sus portadores, al otorgar ventajas en el ambiente en el que se desenvuelven se denominan adaptaciones. La fuerza evolutiva que moldea las adaptaciones a partir de la materia prima azarosa de las mutaciones es la Selección Natural, proceso explicado por Charles Darwin y Alfred Wallace (1859).

Capítulo 3

Moléculas que generan vida

Por Luciana Bianco

Con el avance de la tecnología en los últimos años se pudo obtener información más precisa sobre la célula y su estructura molecular. Se han desarrollado diversos métodos de fraccionamiento celular que permitieron aislar los elementos subcelulares.

Los componentes químicos de la célula se clasifican en inorgánicos (agua y minerales) y orgánicos (principalmente las biomoléculas ácidos nucleicos, hidratos de carbono, lípidos y proteínas). Del total de éstos, un 75 a 80% corresponde a agua, entre 2 y 3% a sales inorgánicas y el resto a compuestos orgánicos. Las biomoléculas pueden presentarse como polímeros formados de distintas clases de unidades llamadas monómeros que se enlazan entre sí por uniones covalentes.

En los organismos existen polímeros importantes como:

a. los ácidos nucleicos, formados por unidades químicas denominadas nucleótidos,

b. los polisacáridos, que pueden ser polímeros de glucosa, con la cual se forma glucógeno, almidón o celulosa,

c. las proteínas o polipéptidos constituidas por aminoácidos. Las distintas cantidades y ordenamiento de los 20 aminoácidos presentes en los seres vivos dan lugar a diversas combinaciones, las cuales determinan la especificidad y actividad biológica de las moléculas proteicas.

Agua

La vida en el mundo depende del agua. La mayoría de las células poseen entre 60% a 95% de agua, las semillas y esporas contienen entre el 10% a 30%. El contenido de agua en el embrión es mayor y disminuye con los años, ya que está relacionado con la edad y la actividad metabólica de un organismo.

El agua puede encontrarse ligada, representando un 5%, unida a moléculas por uniones no covalentes y libre representando el 95% del agua total en la célula. Es utilizada como solvente para los solutos y como medio dispersante del sistema coloidal. Otra función es que elimina sustancias de la célula y absorbe calor, lo que impide que se generen grandes cambios de temperatura.

Cada molécula de agua está formada por dos átomos de hidrógeno unidos a un átomo de oxígeno por uniones covalentes. La molécula en conjunto posee carga neutra y tiene igual número de electrones y protones. Sin embargo, se puede considerar polar.

Cuando se aproximan moléculas con carga opuesta, la fuerza de atracción forma entre ellas un enlace que se conoce como puente de hidrógeno (Fig. 3.1). Este tipo de unión también puede ocurrir en otras moléculas dando estabilidad estructural. Otra característica del agua es su ionización como una molécula hidroxilo (OH-) y un ión hidrógeno o protón (H+).

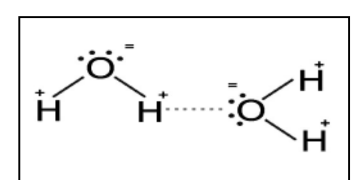


Figura 3.1 Puente de hidrógeno.

Minerales

La concentración de iones es distinta entre el interior de la célula (alta concentración de cationes K+ y Mg2+) y en el medio que la rodea (Na+ y Cl- localizados en el líquido extracelular). Los aniones dominantes en las células son el fosfato (HPO4-) y el bicarbonato (HCO3-).

Las sales disociadas en aniones y cationes son importantes para mantener la presión osmótica y el equilibrio ácido-base de la célula. La retención de agua produce un aumento de la presión osmótica y la entrada de agua a la célula.

Algunos iones inorgánicos como Mg2+ son indispensables como

cofactores enzimáticos y otros forman parte de distintas moléculas. Los iones de Ca2+ se hallan en las células desempeñando un papel importante como transmisores de señales. Para mantener la actividad celular son indispensables en proporciones más pequeñas manganeso, cobre, cobalto, iodo, selenio, níquel, molibdeno y zinc.

Compuestos orgánicos

La química de todos los organismos vivos es esencialmente la química de los compuestos orgánicos, es decir de todos los compuestos que poseen carbono. El carbono es un átomo capaz de formar múltiples enlaces covalentes. Se combina con otros átomos de carbono para formar cadenas estables y fuertes, y compuestos en forma de anillo. Una característica de los compuestos orgánicos es que se oxidan y liberan energía. Las moléculas orgánicas más importantes de los seres vivos son los hidratos de carbono, los lípidos, las proteínas y los ácidos nucleicos.

Hidratos de carbono

Los hidratos de carbono forman parte de estructuras de la célula y son moléculas importantes de almacenamiento de energía. Están compuestos por carbono, hidrógeno y oxígeno. Su fórmula general es (CH2O)n, donde n puede variar entre 3 y 8. De acuerdo a su complejidad se clasifican en: monosacáridos, oligosacáridos y polisacáridos.

a. Monosacáridos (azúcares simples)

Se caracterizan por presentar grupos hidroxilos y un grupo aldehído o cetona. Los monosacáridos son solubles en agua y en soluciones acuosas. Los que presentan más de cinco átomos de carbono producen reacciones internas que cambian la conformación espacial de la molécula en lineal o cíclica (Fig. 3.2).

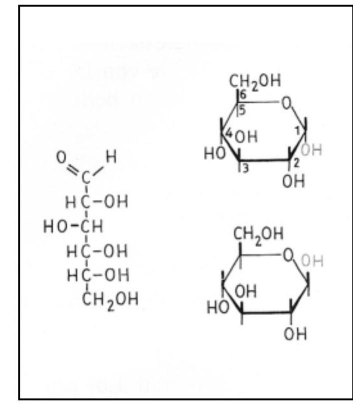


Figura 3.2 La molécula de glucosa en solución acuosa existe en equilibrio en dos estructuras en anillo diferentes α y β.

Los monosacáridos se clasifican, según el número de átomos de carbono que contienen, en triosas, tetrosas, pentosas,

hexosas, heptosas y octosas. En la célula, los monosacáridos de mayor importancia son las pentosas y las hexosas. Algunos ejemplos de pentosas son: ribosa y desoxirribosa que se encuentran en los nucleótidos, mientras que la xilosa está presente en algunas glicoproteínas. Los principales ejemplos de hexosas son: glucosa, fructosa, galactosa, manosa, entre otros. La glucosa constituye la fuente primaria de energía para los seres vivos (Fig. 3.1). Otras hexosas, como la galactosa, la manosa, la fructosa, el ácido glucurónico, suelen estar asociadas entre sí bajo la forma de oligosacáridos o polisacáridos. Algunas poseen un grupo amino y se encuentran acetiladas como la N-acetilglucosamina y la N-acetilgalactosamina.

b. Oligosacáridos

Los oligosacáridos son cadenas a veces ramificadas, compuestas de dos a nueve moléculas de azúcares simples con distintas combinaciones de monosacáridos. La unión entre los monómeros se produce por enlaces glicosídicos y pueden ser α o β, dependiendo si el carbono 1 está en la conformación α o β en los monosacáridos. Estas uniones son importantes porque forman moléculas con distintas funciones y especificidades.

Los disacáridos están formados por dos moléculas de azúcares unidos covalentemente. La fórmula general es $C_{12}H_{22}O_{11}$ (Fig. 3.3). En el proceso de formación del nuevo enlace entre dos monosacáridos se elimina una molécula de agua (condensación). Cuando un disacárido se utiliza como fuente de energía y se fracciona en monosacáridos, la molécula de agua vuelve a unirse, este proceso se denomina hidrólisis. En los mamíferos un disacárido importante es la lactosa (glucosa + galactosa) que se encuentra en la leche. Las plantas presentan distintos disacáridos entre los que se encuentra la sacarosa (glucosa + fructosa), que se extrae principalmente de la caña de azúcar y de la remolacha azucarera; la maltosa (α glucosa + α glucosa), que forma el almidón y la celobiosa (β glucosa + β glucosa), que es la unidad que forma la celulosa.

Figura 3.3
Estructura química de disacáridos.
A. Maltosa.
B. Celobiosa.
C. Sacarosa.

c. Polisacáridos

Los polisacáridos son monosacáridos unidos en cadenas largas, surgen de la condensación de unidades más pequeñas y juegan un rol importante en la fisiología de los seres vivos. Algunos cumplen funciones estructurales y de sostén, mientras que otros constituyen fuentes de energía para la célula.

El almidón es un polisacárido que se utiliza como reserva en algas y plantas, se deposita en los cloroplastos o en amiloplastos de células vegetales (ver Cap. 4). Está constituido por amilosa y amilopectina, ambas formadas por unidades de glucosa acopladas (Fig. 3.4). La amilosa es una molécula lineal, mientras que la amilopectina es ramificada.

Figura 3.4 Estructura química del almidón.
A. Amilosa.
B. Amilopectina.

El glucógeno posee una estructura parecida a la amilopectina pero más ramificada (Fig. 3.5). Es la principal reserva alimenticia en animales y hongos, y se deposita en el citoplasma y no en organelas.

Figura 3.5 Estructura química del glucógeno.

Otro polisacárido importante es la celulosa, que presenta enlaces β- glicosídicos (Fig. 3.6). La celulosa es el componente principal de la pared de la célula vegetal.

Figura 3.6
Sector de celulosa formada por monómeros de glucosa β, unidos por enlaces 1→4.

La quitina es un polisacárido que compone el exoesqueleto de insectos y crustáceos, como así también las paredes celulares de muchos hongos (Fig. 3.7). Presenta nitrógeno en su estructura.

Figura 3.7
Sector de una molécula de quitina.

Lípidos

Los lípidos son un grupo de moléculas que se caracterizan principalmente por ser insolubles en agua y solubles en solventes orgánicos no polares como éter y benceno. Estas propiedades se deben a que están constituidos por largas cadenas hidrocarbonadas alifáticas o anillos bencénicos, estructuras no polares o hidrofóbicas. En algunos lípidos estas cadenas pueden estar ligadas a un grupo polar que les permite unirse al agua (hidrofílico).

Al igual que los hidratos de carbono son moléculas de almacenamiento de energía y cumplen un rol estructural, especialmente en membranas biológicas (Fig. 5.3). Otra función es actuar como mensajeros químicos dentro y entre las células.

Los lípidos más comunes de la célula son: los triglicéridos, los fosfolípidos, los glicolípidos, los esteroides y los terpenos.

a. Lípidos simples

Los triglicéridos están formados por una molécula de glicerol unida a tres ácidos grasos mediante enlaces éster. Cada ácido graso está constituido por una larga cadena hidrocarbonada, siendo la fórmula general: COOH-(CH2)n-CH3 (Fig. 3.7). Todos los ácidos grasos tienen un número par de carbonos. La cadena hidrocarbonada suele exhibir uniones dobles (-C=C-), en este caso se dice que el ácido graso es insaturado.

Figura 3.8 Estructura química de un triglicérido.

b. Lípidos compuestos

Existen dos tipos de lípidos compuestos: los fosfolípidos y los glicolípidos (esfingolípidos).

Los fosfolípidos tienen dos ácidos grasos unidos a una molécula de glicerol y un tercer grupo hidroxilo de este alcohol se halla esterificado con un fosfato, unido a su vez con el segundo alcohol (Fig. 3.9).

La combinación del glicerol con los dos ácidos grasos y el fosfato da lugar a una molécula denominada ácido fosfatídico (AF), que es la estructura básica de los fosfolípidos. El segundo alcohol que poseen puede ser la etanolamina, la serina, la colina o el inositol. Son constituyentes importantes de las membranas celulares (ver Cap. 5).

Figura 3.9 Estructura química de un fosfolípido.

Los fosfolípidos son moléculas

anfipáticas, ya que poseen dos largas colas hidrofóbicas no polares (ácidos grasos) y una cabeza hidrofílica polar, formada por el fosfato y el segundo alcohol. Cuando los fosfolípidos se dispersan en el agua se disponen con sus cabezas polares hacia afuera y sus colas no polares enfrentadas entre sí en la parte interior de una bicapa, organización que se da en las membranas celulares.

Los glicolípidos (esfingolípidos) se clasifican en cerebrósidos y gangliósidos. Los cerebrósidos se forman por la unión de una glucosa o galactosa con la ceramida. Por otro lado, la estructura básica de los gangliósidos es parecida, pero el hidrato de carbono no es glucosa ni galactosa sino un oligosacárido integrado por varios monómeros.

Los esteroides son lípidos derivados de una molécula compleja llamada ciclopentanoperhidrofenantreno. Uno de los más conocidos es el colesterol que se encuentra en las membranas biológicas de tejidos animales (Fig. 3.10). Los vegetales y hongos contienen otro tipo de esteroles, y en las bacterias no se han encontrado.

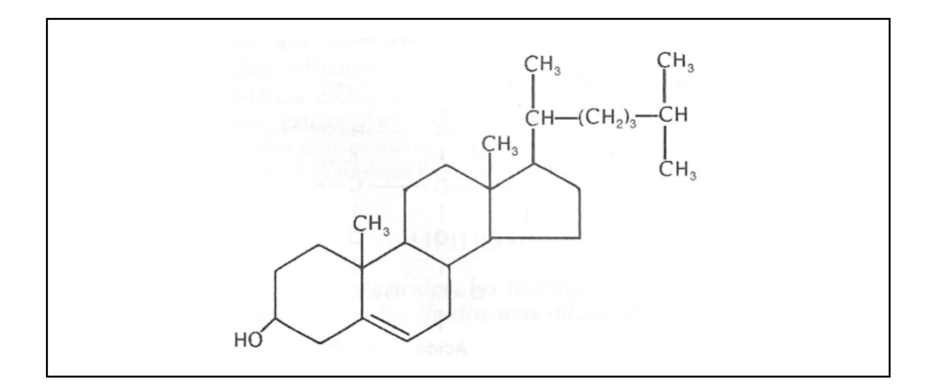


Figura 3.10 Estructura química del colesterol.

Los esteroides no se asemejan estructuralmente a los otros lípidos, se los agrupa con ellos porque son insolubles en agua. Asumen funciones diferentes de acuerdo con los grupos químicos a los cuales están unidos. Varias hormonas, como la progesterona, la testosterona y el cortisol, y la vitamina A son esteroides.

Los terpenos son constituyentes de ciertos vegetales, otorgándoles un color y sabor característico. Son componentes de los aceites esenciales. El alcanfor, mentol y limonero se presentan en aceites de alcanfor, de menta y de limón, respectivamente. Otros terpenoides pueden ser el fitol, que se encuentra en la molécula de clorofila, el caucho natural y los pigmentos carotenoides, que originan colores naranjas y amarillos.

Proteínas

Las proteínas constituyen hasta el 50% o más del peso seco de los seres vivos, a excepción de las plantas, las cuales contienen un poco menos ya que presentan un alto contenido de celulosa. Hay diversos tipos de proteínas: enzimas, que regulan las reacciones químicas del metabolismo; hormonas; proteínas de almacenamiento, como las que están en los huevos de aves y semillas; proteínas de transporte, como la hemoglobina; proteínas contráctiles, que se encuentran en los músculos; inmunoglobulinas (anticuerpos); proteínas de membrana y proteínas estructurales.Poseen diferentes funciones pero en estructura son similares. Todas están formadas por polímeros de aminoácidos (los monómeros que componen las proteínas) dispuestos en una secuencia lineal.

Un aminoácido es un ácido orgánico en el que el carbono cercano al grupo carboxilo (-COOH), llamado carbono a, se une al grupo amino (-NH2) (Fig. 3.11). Dicho carbono se halla ligado a un H+ y a un residuo lateral (R), el cual varía en cada tipo de aminoácido.

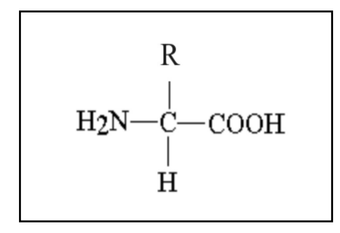


Figura 3.11
Fórmula química general de un aminoácido.

Existen 20 aminoácidos diferentes en las proteínas. Dos son ácidos (ácido aspártico y ácido glutámico), tres son básicos (histidina, lisina y arginina), siete son neutros y polares, es decir hidrofílicos (serina, treonina, tirosina, triptófano, asparagina, glutamina y cisteína), y ocho son neutros no polares, es decir hidrófobos (glicina, alanina, valina, leucina, isoleucina, fenilalanina, prolina, metionina). Los nombres se abrevian usando las tres primeras letras.

Una combinación de dos aminoácidos forma un dipéptido; de tres, un tripéptido; cuando se unen algunos aminoácidos solamente, un oligopéptido; y cuando se unen muchos, un polipéptido. Todas estas uniones se producen por enlaces peptídicos (Fig. 3.12).

Existen proteínas conjugadas, ya que están unidas a porciones no proteicas. A esta categoría pertenecen las glicoproteínas (asociadas a hidratos de carbono), las nucleoproteínas (con ácidos

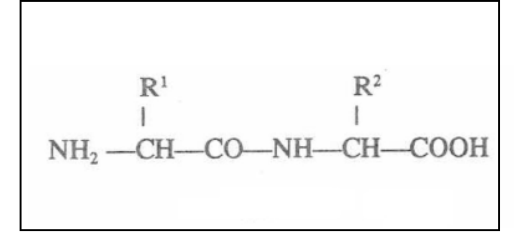


Figura 3.12
Estructura química de un dipéptido, mostrando la unión peptídica.

nucleicos), las lipoproteínas (con grasas) y las cromoproteínas que tiene como grupo prostético un pigmento. Dos ejemplos del último tipo de proteína son la mioglobina y hemoglobina.

Organización estructural de las proteínas

La estructura de las proteínas se describe en relación a los distintos aspectos de organización molecular. Se distinguen cuatro niveles de organización:

a. la estructura primaria que comprende la secuencia de aminoácidos que forman la cadena proteica. Esta secuencia determina los demás niveles de organización de la molécula,

b. la estructura secundaria que hace referencia a la estructura espacial de la proteína y deriva de la posición de ciertos aminoácidos en la cadena peptídica. Algunas proteínas tienen forma de hélice a (Fig. 5.3) y otras adoptan una estructura denominada hoja plegada â.

c. la estructura terciaria se produce por la formación de nuevos plegamientos en las dos estructuras que se mencionaron anteriormente, y ésto da lugar a la configuración tridimensional de la proteína. Los plegamientos se producen porque ciertos aminoácidos que se ubican en distintos lugares se unen químicamente. Según el plegamiento se forman proteínas fibrosas o globulares. Las primeras se generan a partir de proteínas secundarias tipo hélice a, mientras que las segundas se dan tanto a partir de hélice a, hoja plegada â o de la combinación de ambas.

d. la estructura cuaternaria resulta de la combinación de dos o más polipéptidos, lo que origina moléculas de complejidad.

Ácidos nucleicos

Los ácidos nucleicos son moléculas de gran importancia, ya que están relacionados con la transmisión genética, la síntesis de proteínas y también en reacciones que poseen intercambio de energía durante el metabolismo. Todos los seres vivos contienen dos tipos de ácidos nucleicos, llamados ácido desoxirribonucleico (ADN) y ácido ribonucleico (ARN). Los virus contienen ADN o ARN.

El ADN constituye el depósito de información genética, que es

transcripta en moléculas de ARN mensajero, cuya secuencia de nucleótidos contiene el código que establece la secuencia de los aminoácidos en las proteínas. Por esta razón, la síntesis de proteínas se conoce como traducción del ARN.

ADN transcripción ARN traducción Proteínas

Aunque el ADN y ARN tengan componentes químicos semejantes poseen diferentes funciones. El ADN se halla en el núcleo integrando los cromosomas y es portador del mensaje genético, en cambio el ARN se localiza en el núcleo y en el citoplasma. En este lugar traduce el mensaje genético del ADN a proteínas.

Los ácidos nucleicos están formados por subunidades llamadas nucleótidos, que son moléculas complejas ya que poseen un grupo fosfato, un azúcar de cinco carbonos y una base nitrogenada (Fig. 3.13). similares. Todas están formadas por polímeros de aminoácidos (los monómeros que componen las proteínas) dispuestos en una secuencia lineal.

Un aminoácido es un ácido orgánico en el que el carbono cercano al grupo carboxilo (-COOH), llamado carbono a, se une al grupo amino (-NH2) (Fig. 3.11). Dicho carbono se halla ligado a un H+ y a un residuo lateral (R), el cual varía en cada tipo de aminoácido.

En las uniones de los nucleótidos, los fosfatos ligan el carbono 3' de la pentosa de un nucleótido con el carbono 5' de la pentosa del nucleótido adyacente. El ácido fosfórico utiliza dos de sus tres grupos ácidos en las uniones 3',5' fosfodiéster. El grupo que queda le da características del grupo ácido y le permite unirse con proteínas básicas por uniones iónicas.

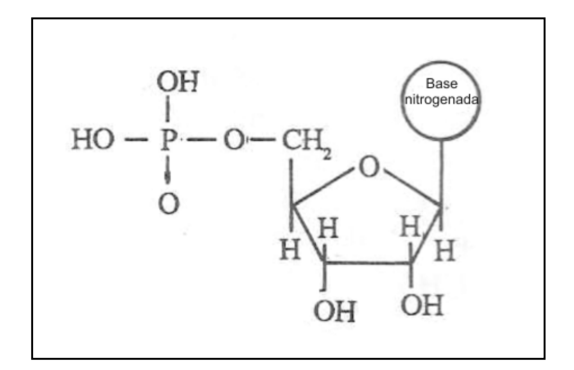


Figura 3.13 Estructura química de un nucleótido.

Las pentosas pueden ser de dos tipos: ribosa en el ARN y desoxirribosa en el ADN. La segunda se diferencia por tener un átomo de oxígeno menos.

La bases nitrogenadas también son de dos tipos: piridiminas y purinas. Las primeras se diferencian de las segundas porque poseen un anillo heterocíclico, mientras que las purinas tienen dos anillos fusionados (Tabla 3.1).

En el ADN, las pirimidinas son la timina (T) y la citosina (C), y las purinas adenina (A) y guanina (G). En el ARN, las pirimidinas son el uracilo (U) y la citosina (C), y las purinas adenina (A) y guanina (G).

La combinación de una base nitrogenada con una pentosa constituye un nucleósido como la adenosina, formada por adenina más ribosa. La adenosina monofosfato (AMP), difosfato (ADP) y trifosfato (ATP) son nucleótidos que actúan como agentes de transferencia de energía en muchas reacciones metabólicas. El NAD+ también es otro nucleótido importante en ese sentido, ya que participa como aceptor de electrones e hidrógeno en las oxidaciones biológicas.

Tabla 3.1
Clasificación de bases nitrogenadas.

Bases			
pirimidinas	Timina	Citosina	Uracilo
purinas	Adenina	Guanina	

El ADN se encuentra en los organismos vivos bajo la forma de moléculas de muy alto peso molecular. La información genética de un organismo se encuentra en la secuencia lineal de cuatro bases de ácido nucleico, es decir que la estructura primaria de las proteínas es codificada por un alfabeto de cuatro letras. Uno de los descubrimientos más importantes fue el código genético. En él se pudo conocer que en cada

molécula de ADN la cantidad de adenina es igual a la timina (A = T) y la de la citosina a la guanina (C = G). Así, el número de purinas es idéntico al de las pirimidinas (A+G = C+T), la relación AT/GC varía entre especies.

ADN: Doble Hélice

En 1953, Watson y Crick propusieron un modelo para el ADN que contemplaba propiedades químicas y biológicas, en particular la capacidad de duplicación de esta molécula.

La molécula está formada por dos cadenas complementarias de ácidos nucleicos helicoidales con giro a la derecha que componen una doble hélice en torno de un mismo eje central (Fig. 3.14).

Las dos cadenas se mantienen unidas por puentes de hidrógeno que estabilizan la estructura con las interacciones hidrofóbicas. Son antiparalelas, ya que sus uniones 3',5'- fosfodiéster siguen sentidos contrarios. Las bases están situadas en el lado interior de la doble hélice, casi en ángulo recto con el eje helicoidal, y cada vuelta completa de la doble hélice comprende 10,5 pares de nucleótidos.

Los únicos pares de bases posibles son A-T, T-A, C-G, G-C. Entre las A y las T se forman dos puentes de hidrógeno, mientras que entre las C y las G, tres; por esta razón el par C-G es más estable que el A-T.

Debido a que las dos cadenas de ADN son complementarias, al separarse durante la duplicación, cada cadena sirve de molde para la síntesis de una nueva complementaria.

Tipos de ARN

La estructura del ARN es similar a la del ADN, excepto por la presencia de ribosa en lugar de desoxirribosa y de uracilo en lugar de timina. Además, el ARN está formado por una sola cadena de nucleótidos.

Existen tres clases de ARN que están involucrados en la síntesis proteica:

a. ARN mensajero (ARNm), que es el encargado de llevar la información genética copiada del ADN, que establece la secuencia de aminoácidos en la proteína,

b. ARN ribosómico (ARNr), el cual representa el 50% de la masa del ribosoma, es la estructura que proporciona el sostén

molecular para las reacciones químicas que dan lugar a la síntesis proteica,

c. ARN de transferencia (ARNt), que identifica y transporta aminoácidos hasta el ribosoma.

Actividades

1.¿Cuáles son los elementos químicos más importantes por los que está constituido una célula?

2.¿Cómo se clasifican los componentes químicos de la célula? ¿En qué proporciones se encuentran en la misma?

3.¿Qué función cumplen los hidratos de carbono? Nombrar algunos polisacáridos de importancia para los vegetales.

4.¿Cuál es la principal característica de los lípidos? ¿Cómo se clasifican?

5.¿Qué funciones pueden tener las proteínas?

6.¿Cuál es la unidad básica de una proteína?

7.Nombrar las distintas estructuras que adopta una proteína.

8.¿Qué funciones poseen el ADN y ARN y donde se localizan en la célula?

9.Completar la siguiente tabla:

10.¿Qué tipos de ARN existen? Explicar brevemente cada uno de ellos.

	ADN	**ARN**
Cadena		
Bases pirimidicas		
Bases púricas		
Pentosa		

Capítulo 4

Instrumentos que conducen al interior de las células

Por Darío Vileta

Microscopía óptica

El microscopio (del griego, micro: pequeño y skopein: observar) es el instrumento que sirve para visualizar estructuras pequeñas, cuyas dimensiones son inferiores al límite del poder de resolución del ojo humano.

El poder de resolución es la capacidad del instrumento para brindar imágenes distintas de puntos muy cercanos, depende de la longitud de onda (ë) y de la apertura numérica (AN) del objetivo. Así, el límite de resolución, que se define como la distancia mínima que debe existir entre dos puntos para que puedan ser discriminados como tales, responde a la siguiente ecuación:

$$\textbf{Límite de resolución} = \frac{\textbf{0,61}}{\textbf{AN}}$$

El ojo humano tiene un poder de resolución de aproximadamente 0,1 mm o 100 ìm. La mayoría de las células eucarióticas miden entre 10 y 30 ìm de diámetro, es decir 3 y 10 veces menos que el poder de resolución del ojo humano. Para distinguir células individuales se

deben usar instrumentos que permitan una mejor resolución. Los microscopios ópticos tienen un poder de resolución de 0,2 ìm o 200 nm, es decir aproximadamente 500 veces mayor que el del ojo humano.

En la observación de estructuras microscópicas se utilizan frecuentemente las siguientes unidades de medida (Tabla 4.1):

Tabla 4.1
Unidades de medidas en relación al milímetro.

Equivalencias de unidades			
milímetro (mm)	micrómetro (μm)	nanómetro (μm)	angtrom (Å)
1	1000	o milimicra (mμ)	10.000.000
10-3	1	1000	10.000
10-6	0,001	1	10
10-7	10-4	0,001	1

A su vez, la apertura numérica depende del índice de refracción del medio y del seno del ángulo de apertura (á), según la fórmula:

$$AN = n \text{ sen } \alpha$$

Los principales índices de refracción son: n = 1,00 en el aire, n = 1,33 en el agua, n = 1,515 en el aceite de inmersión. En el microscopio óptico los rayos de luz se desvían cuando pasan de un medio a otro con diferente índice de refracción.

El límite de resolución es inversamente proporcional al poder de resolución del instrumento utilizado, de manera que cuanto mayor sea éste, menor será el límite de resolución conseguido.

Descripción del microscopio óptico

El microscopio está formado por un sistema óptico, un sistema mecánico y un sistema luminoso (Fig. 4.1). El sistema óptico consta de:

a. oculares, lentes situadas cerca del ojo del observador que amplían la imagen del objetivo,

b. objetivos, lentes situadas cerca de la muestra que amplían la imagen de ésta,

c. condensador, lente que concentra los rayos luminosos sobre la muestra,

d. diafragma, regula la cantidad de luz que entra en el condensador.

El sistema mecánico está formado por:

a. soporte, mantiene la parte óptica, consta del pie o base y el brazo,

b. platina, lugar donde se deposita la muestra,

c. cabezal, contiene los sistemas de lentes oculares, puede ser monocular, binocular o trinocular,

d. revólver, contiene los objetivos y permite, al girar, cambiar el aumento,

e. tornillos de enfoque:

i. macrométrico, que aproxima el enfoque,

ii. micrométrico, que consigue el enfoque correcto.

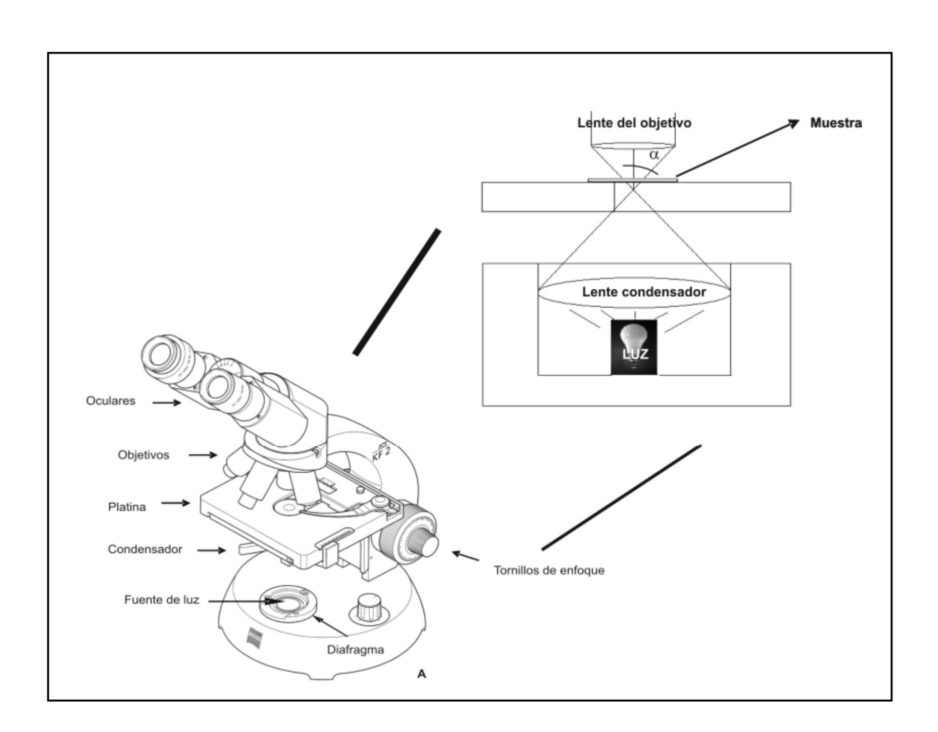


Figura 4.1 Microscopio óptico. A. Partes que lo componen. B. Detalle de la formación de la imagen.

Tanto los oculares como los objetivos tienen distintos aumentos, siendo el más común para los primeros de 10X y para los últimos de 4X, 20X, 40X, 60X y 100X.

A partir del microscopio óptico se han creado variantes más complejas, que utilizan ondas luminosas para resaltar las estructuras inter-

nas como el microscopio de fase, el microscopio de interferencia y el microscopio de fluorescencia, entre otros.

Microscopio electrónico

Con el advenimiento del microscopio electrónico (ME), los investigadores pudieron estudiar los detalles, o ultraestructura, de las células muertas (Fig. 4.2). Se pueden diferenciar dos tipos de microscopio electrónico: el microscopio electrónico de transmisión (MET) y el microscopio electrónico de barrido (MEB).

El microscopio electrónico de transmisión es un instrumento que permite conocer la ultraestructura de las células, ya que posee un poder de resolución mayor que el del microscopio óptico. Utiliza la propiedad que tienen los haces de electrones de ser desviados por un campo electrostático o electromagnético, de la misma forma que un rayo de luz es refractado al atravesar una lente.

Con el microscopio electrónico de transmisión, el poder de resolución aumentó cerca de 1.000 veces respecto del microscopio óptico. Ésto se logra utilizando «iluminación» de una longitud de onda mucho más corta, que consiste en haces de electrones en lugar de rayos de luz. La microscopía electrónica de transmisión suministra en la actualidad un poder de resolución de aproximadamente 0,2 nm, es decir unas 500 mil veces más que el ojo humano.

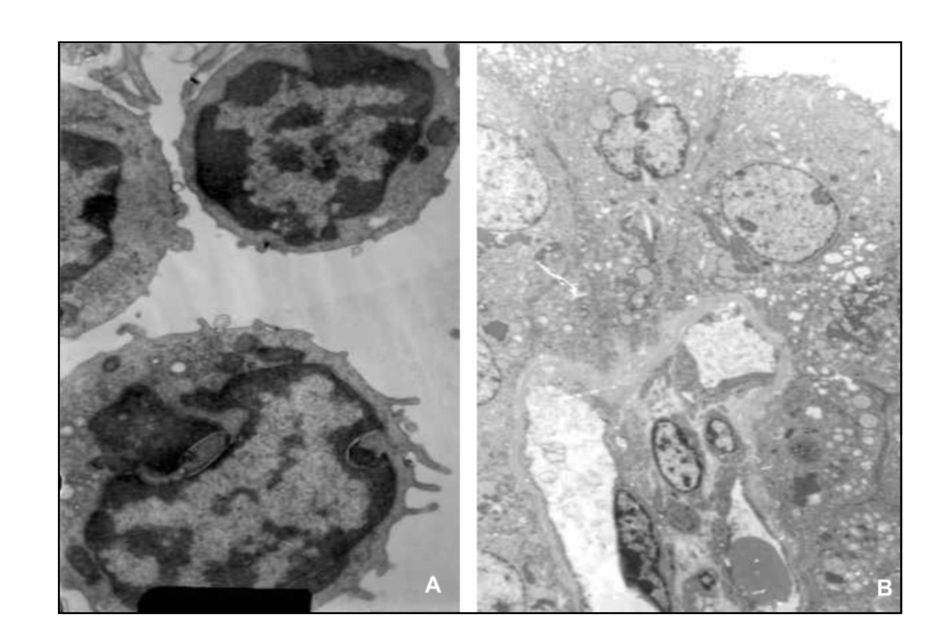


Figura 4.2 Células animales observadas con microscopio electrónico de transmisión. A. Linfocitos de porcino. B. Células de placenta porcina. Cortesía de la Dra. Cecilia Merkis y Microbiol. Andrea Cristofolini (Área de Microscopía Electrónica-UNRC).

La diferencia con el microscopio óptico radica en el mecanismo de formación de la imagen. En el microscopio electrónico dicho mecanismo se basa en la dispersión de electrones, que al chocar con los núcleos de los átomos del material se dispersan de forma tal que caen por fuera de la apertura de la lente del objetivo. Ésto depende del espesor, de la densidad molecular del material y del número atómico de los átomos que la componen. Por esta razón, el material debe ser procesado, generalmente, con metales pesados para aumentar su contraste.

El microscopio electrónico de barrido tiene un poder de resolución de aproximadamente 10 nm, y se ha transformado en una herramienta valiosa para las ciencias. En la microscopía electrónica de barrido los electrones que se registran provienen de la superficie de la muestra y no de un corte a través de ésta.

Con este tipo de microscopio se pueden obtener imágenes topográficas tridimensionales del material sujeto a estudio. Se emplea un haz de electrones que actúa sobre la superficie del material; allí los electrones excitan a las moléculas de la muestra, las cuales emiten un delgado haz de electrones secundarios. Dado que estos electrones son derivados hacia un tubo fotomultiplicador, generan imágenes en una pantalla de televisión. Para aumentar el poder dispersante de las estructuras situadas en la superficie de la muestra, ésta se recubre con un metal pesado (por ejemplo, platino, oro), que se evapora en una cámara de vacío. Además, se hace rotar la muestra para que el metal se deposite uniformemente en toda la superficie.

En los últimos años, se ha logrado una combinación del microscopio electrónico de barrido con el de transmisión, llamado STEM (scanning-transmission electron microscope).

La Fig. 4.3 compara las unidades de medida con el poder de resolución del ojo humano, microscopio óptico y microscopio electrónico.

En la Fig. 4.4 se muestran estomas al ser observados con microscopio óptico en corte transversal y vista superficial, microscopio electrónico de transmisión y de barrido. En la Fig. 4.5 se muestran granos de polen observados con microscopio óptico y electrónico de barrido

Actividades

1. Comparar microscopio óptico con microscopio electrónico
2. ¿Con qué objetivo obtiene mayor campo visual?
3. Si usted observa una célula de Alium cepa (cebolla) en un microsco-

pio óptico que posee oculares de 10X y un objetivo de 40X. ¿Cuántas veces aumenta la imagen?

Características	**Microscopio electrónico**	**Microscopio electrónico**
Fuente de luz		
Imagen dada por		
Condición del material biológico a observar		
Límite de resolución		
Aumentos		
Elementos guía de la radiación		

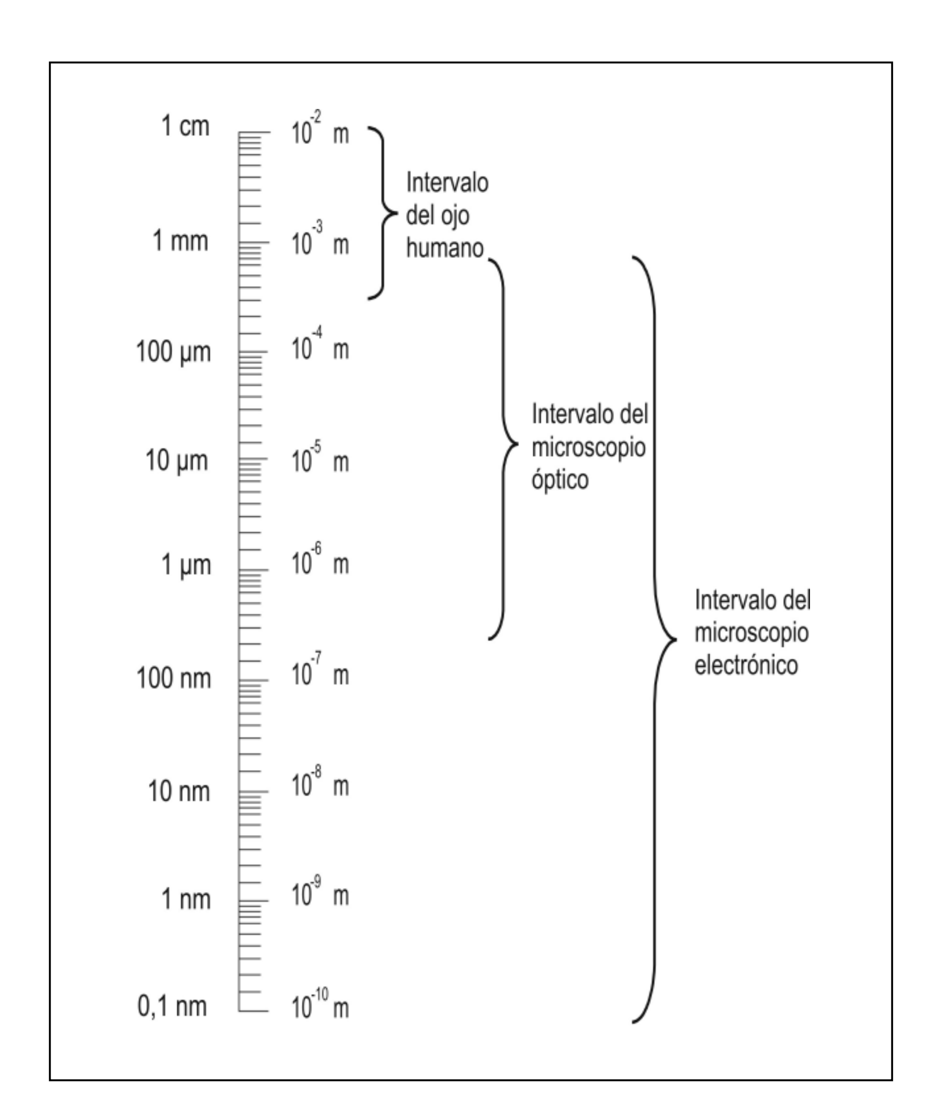


Figura 4.3
Comparación gráfica de las unidades de medida con el poder de resolución del ojo humano, microscopio óptico y microscopio electrónico.

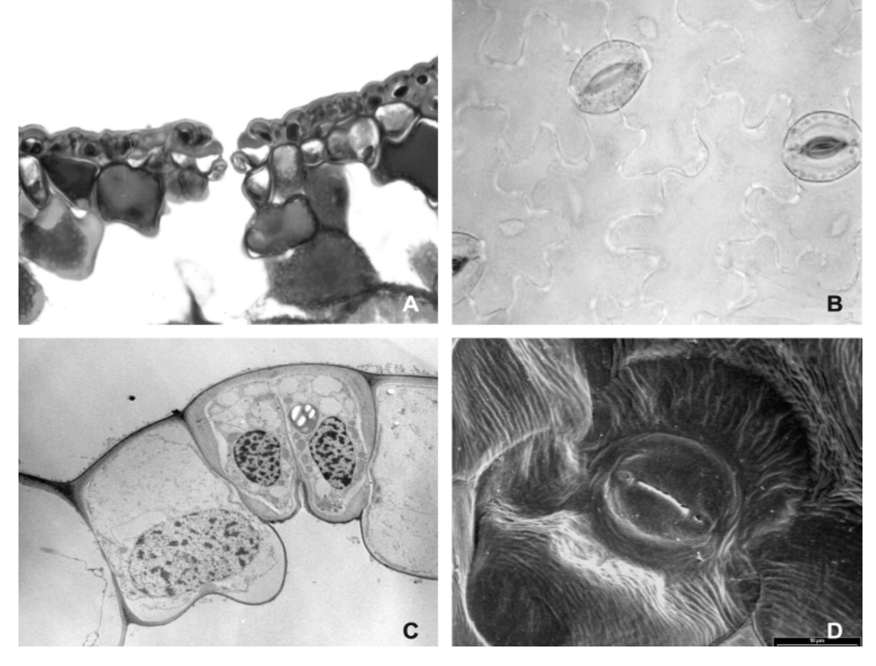


Figura 4.4

Observación de estomas con microscopio óptico y electrónico. A. Fotomicrografía óptica de corte transversal de un estoma de Abies alba. B. Fotomicrografía óptica de vista superficial de epidermis de Chrysanthemum maximum. C. Portulaca oleracea, fotomicrografía de estoma con MET. D. Portulaca oleracea, fotomicrografía de estoma con MEB.

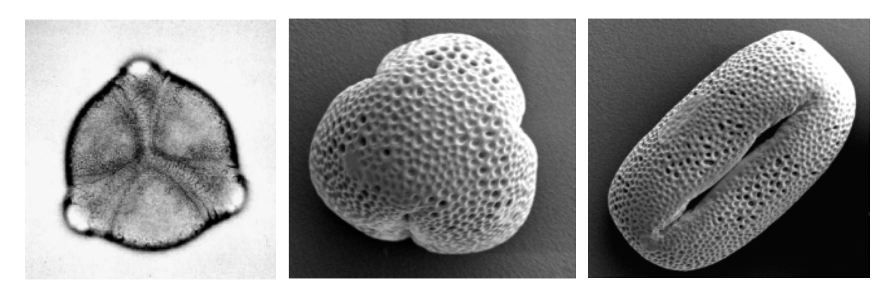


Figura 4.5

Observación de granos de polen con microscopio óptico y electrónico. A. Caesalpinia gilliesii, fotomicrografía óptica de vista polar. B. Adesmia muricata, fotomicrografía en vista polar con MEB. C. Adesmia muricata, fotomicrografía de vista ecuatorial con MEB.

Capítulo 5

Un recorrido por la célula

Por Monica Grosso, Teresa Amalia Kraus
y César Augusto Bianco

Todos los organismos están compuestos por células, las cuales están constituidas por una gran cantidad y diversidad de moléculas. Éstas son utilizadas para transformar la materia y la energía, para interaccionar con el ambiente y para reproducirse. Estudiar la biología celular implica de alguna manera estudiar la vida, además todas las células provienen de otras preexistentes, lo que significa que la vida es continua (ver Cap. 2).

Las células en general son muy pequeñas, siendo el tamaño medio entre 10 y 100 ìm, no obstante, algunas como las fibras vegetales pueden medir entre 20 y 50 cm. El tamaño celular está limitado por la relación superficie-volumen.

Existen dos tipos de estructuras celulares en el mundo viviente:

a. células procarióticas (Reino Bacteria) (Tabla 5.2 y Fig. 5.2.b).
b. células eucarióticas (Reinos Fungi, Animalia, Plantae, Protozoa y Chromista).

Célula Eucariótica

La célula eucariótica consta de diversas partes, cada una de las cuales tiene una composición química y funciones específicas: (Fig. 5.1 y 5.2)

a. pared celular
b. membrana plasmática
c. citoplasma
d. retículo endoplasmático
e. Aparato de Golgi
f. citoesqueleto
g. plastidios
h. mitocondrias
i. ribosomas
j. lisosomas
k. peroxisomas
l. glioxisomas
m. vacuolas
n. núcleo

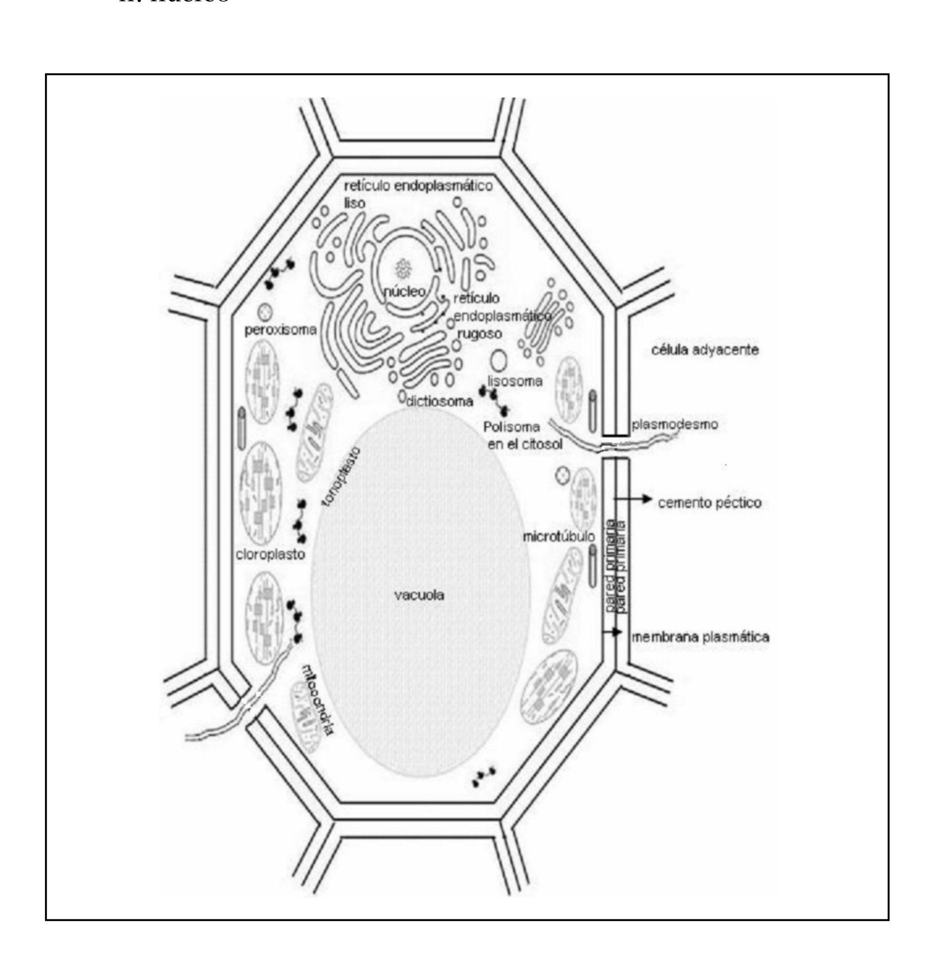


Figura 5.1

Esquema de una célula vegetal.

Figura 5.2
A. Esquema de una célula animal.
B. Esquema de una bacteria.

Pared celular

La pared celular es característica de las bacterias, algas, hongos y plantas superiores. Está ausente en las células animales y protozoos. En los vegetales su estructura ha sido analizada en detalle por los investigadores, debido a su importancia en la industria de las fibras textiles y del papel. Está constituida fundamentalmente por celulosa (ver Cap. 3). Los estudios realizados con microscopía óptica y electrónica han puesto de manifiesto la presencia de dos sistemas continuos interpenetrados: uno de ellos, las fibrillas de celulosa y el otro, un sistema continuo de espacios microcapilares. Estos espacios pueden estar ocupados por hemicelulosa, sustancias pécticas, agua, lignina, cutina, suberina, proteínas, taninos y otras sustancias orgánicas. La presencia de enzimas demuestra que es un sitio metabólicamente activo. Su constitución química permite el crecimiento y diferenciación de la célula. Presenta conexiones intercelulares para relacionarse con las células vecinas (Fig. 5.1).

En los hongos, la pared está constituida fundamentalmente por un polisacárido denominado quitina (Fig. 3.7) y en la mayoría de las bacterias, principalmente, por peptidoglucano (polímero de aminoazúcares).

Membranas biológicas

Las membranas biológicas son estructuras dinámicas. Tanto las células procarióticas como las eucarióticas están rodeadas por una membrana celular externa, la cual no solamente define los límites de la célula sino que, además, permite que ésta exista como una entidad diferente de su entorno. Su flexibilidad le permite los cambios de forma que acompañan al crecimiento celular y al movimiento. En las células eucarióticas, la membrana crea compartimientos dentro de la misma para realizar distintas funciones bioquímicas. Una estrategia que permite aumentar la superficie de intercambio con el medio es el plegamiento de la membrana.

Funciones de las membranas:

a. constituyen verdaderas barreras permeables selectivas que controlan el pasaje de iones y de pequeñas moléculas (solutos). Según el tipo de soluto el pasaje se produce sin gasto de energía, si obedece a las leyes de difusión (transporte pasivo) o por un mecanismo que requiere de ella (transporte activo), utilizando adenosintrifosfato (ATP),

b. la membrana plasmática participa de los procesos de endocitosis (incorpora sustancias desde el exterior) y exocitosis (las secreta),

c. su estructura constituye un soporte físico para la actividad ordenada de las enzimas que se asientan en ellas,

d. los sistemas de membrana, mediante la formación de pequeñas vesículas transportadoras, hacen posible el desplazamiento de sustancias por el citoplasma,

e. la membrana plasmática posee receptores que interactúan específicamente con moléculas provenientes del exterior.

Estructura de las membranas celulares

Son estructuras con un espesor comprendido entre 60 a 100 Å (6 a 10 nm) observadas con microscopio electrónico de transmisión. Las

membranas son asimétricas porque la cara externa difiere de la interna. Químicamente están constituidas aproximadamente por 40-50% de lípidos, 40-50% de proteínas y 2-10% de hidratos de carbono. La proporción en que se encuentran estos componentes suele variar considerablemente con cada tipo de membrana.

Los tres principales lípidos de la membrana son fosfolípidos, glicolípidos y el colesterol. Los fosfolípidos son los principales componentes de la membrana celular (ver Cap. 3). Se disponen en una bicapa donde las colas hidrocarbonadas de cada capa individual interaccionan una con otra, formando un interior hidrofóbico que actúa como barrera de permeabilidad (Fig. 5.3). Los grupos de cabezas polares hidrofílicos interaccionan con los medios acuosos a cada lado de la bicapa (moléculas anfipáticas). Las cadenas hidrocarbonadas de los ácidos grasos pueden estar saturadas o no. Los enlaces dobles producen angulosidades en los ácidos grasos, lo cual separa a los fosfolípidos y le da a la bicapa una configuración menos compacta, en cambio los enlaces simples entre los carbonos confieren a los ácidos una configuración extendida de tal manera que los fosfolípidos quedan agrupados en conjuntos bastante compactos.

Las proteínas de las membranas pueden dividirse en periféricas e integrales. Las periféricas se enlazan a la membrana por fuerzas electrostáticas y puentes de hidrógeno (uniones no covalentes), algunas están ligadas a la cabeza de los fosfolípidos, mientras que la mayoría están unidas a la superficie de las proteínas integrales, las cuales atraviesan la bicapa lipídica.

Las integrales se extienden desde la zona hidrofóbica de la bicapa hasta una de las caras de la membrana por donde emergen, otras en cambio atraviesan la bicapa totalmente. Las proteínas tienen funciones mecánicas, de transporte, receptoras, antigénicas y enzimáticas.

Las membranas celulares contienen entre un 2 y un 10 % de hidratos de carbono, los cuales se hallan unidos covalentemente a lípidos y proteínas de la membrana bajo la forma de glicolípidos y glicoproteínas. El rol fundamental que cumplen es en el reconocimiento intercelular (interacciones célula-célula) y en la fijación de ligandos (moléculas mensajeras, bacterias, virus).

Singer y Nicolson (1972) propusieron un modelo de mosaico fluido para explicar la organización fundamental de la membrana biológica que la considera como una estructura en mosaico y fluida donde:

a. los lípidos y proteínas integrales están dispuestos en una especie de organización en mosaico, y

b. las membranas biológicas son estructuras casi fluidas en las cuales los lípidos y las proteínas pueden realizar movimientos. La bicapa lipídica se comporta como una estructura fluida a temperaturas fisiológicas, significa que sus componentes rotan en torno a sus ejes, se desplazan lateralmente, y además pueden pasar de una capa a la otra por un tipo de movimiento llamado «flip flop» (muy lento). Muchos procesos dependen de la fluidez de los lípidos de la membrana, los cuales están relacionados con las propiedades de las cadenas de los ácidos grasos, como se mencionó anteriormente.

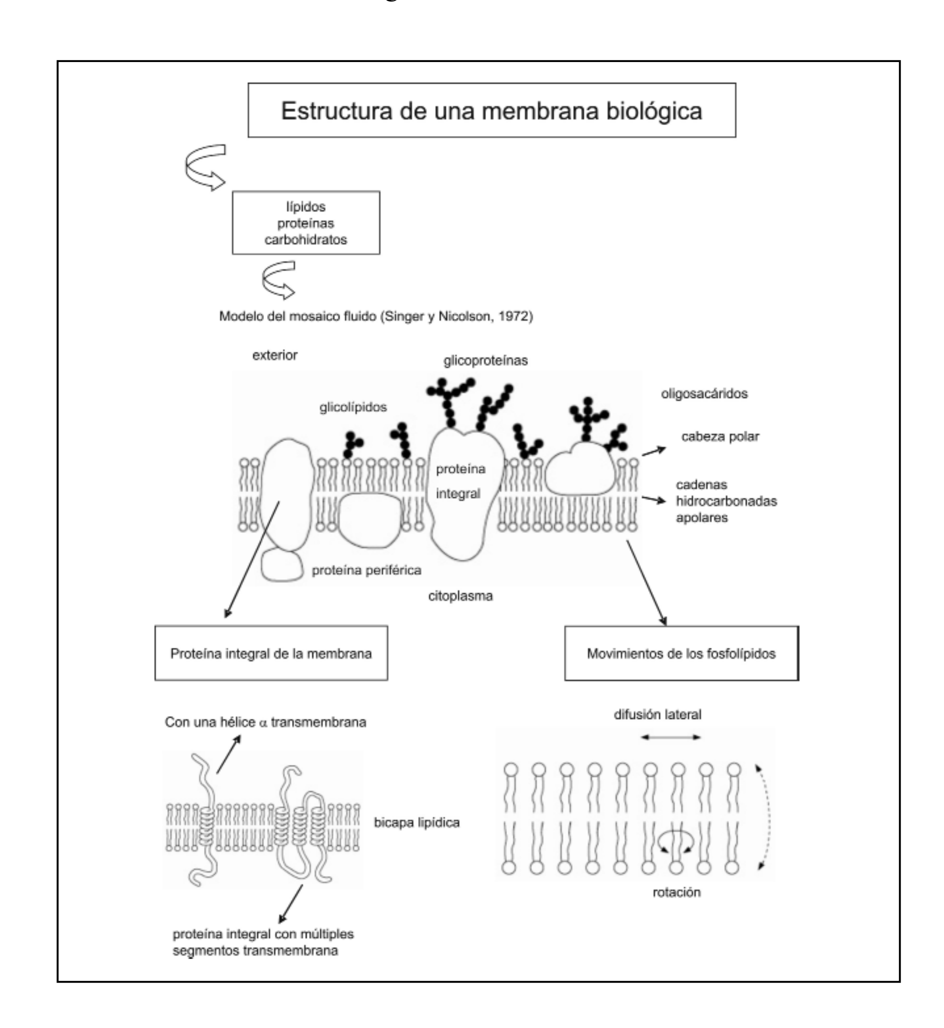


Figura 5.3 Estructura de una membrana biológica (modelo del mosaico fluido). (Cortesía de Natalia Klochko).

Membrana plasmática - Citoplasma

La membrana plasmática o celular regula el intercambio entre la célula y el medio, tanto esta membrana como todas las que se encuen-

tran presentes a nivel celular, tienen una estructura de mosaico fluido, variando los compuestos químicos. Hacia adentro de la membrana plasmática se encuentra el citoplasma, que está constituido por el citosol y las organelas suspendidas en él. El citosol es el sitio donde ocurre la síntesis de proteínas y de la mayoría de los metabolitos intermediarios de la célula, es decir muchas reacciones por las cuales algunas moléculas son degradadas y otras son sintetizadas. Con frecuencia la parte más periférica del citoplasma se denomina ectoplasma o hialoplasma y la más interna endoplasma. Además de los diferentes orgánulos existe un complejo sistema de membranas que ocupa el citoplasma fundamental y forma múltiples compartimientos y subcompartimientos, al cual se lo denomina sistema de endomembranas. Las propiedades coloidales como las transformaciones básicas de sol a gel, las modificaciones en la viscosidad, el movimiento intracelular (ciclosis), la formación del huso y el clivaje celular dependen principalmente de la matriz citoplasmática. El microscopio electrónico en años recientes ha revelado la presencia de un citoesqueleto constituido por una trama de microtúbulos y microfilamentos que atraviesan el citosol.

Sistemas de endomembranas

Este sistema incluye dos componentes principales, el retículo endoplasmático y el Aparato de Golgi. Existe una continuidad entre la membrana nuclear y el sistema de endomembranas (Fig. 5.4).

Retículo endoplasmático

Es una estructura característica de las células eucarióticas. Estudios realizados a nivel de microscopía electrónica de transmisión revelan una red interconectada de membranas que se ramifican a través del citoplasma formando tubos y sacos aplanados. Puede ocupar hasta el 15% del volumen total de la célula, lo cual varía según la actividad celular. Hay dos tipos de retículo endoplasmático, uno que presenta ribosomas asociados a la membrana denominado rugoso y otro sin ribosomas, liso.

Las funciones del retículo endoplasmático rugoso (RER) son:

a. como compartimiento, separa ciertas proteínas recién sinteti-

zadas del citoplasma y las transporta dentro de la misma célula,

b. mientras las proteínas están dentro del retículo endoplasmático rugoso, pueden ser químicamente modificadas, de tal manera de alterar su función y su destino intracelular.

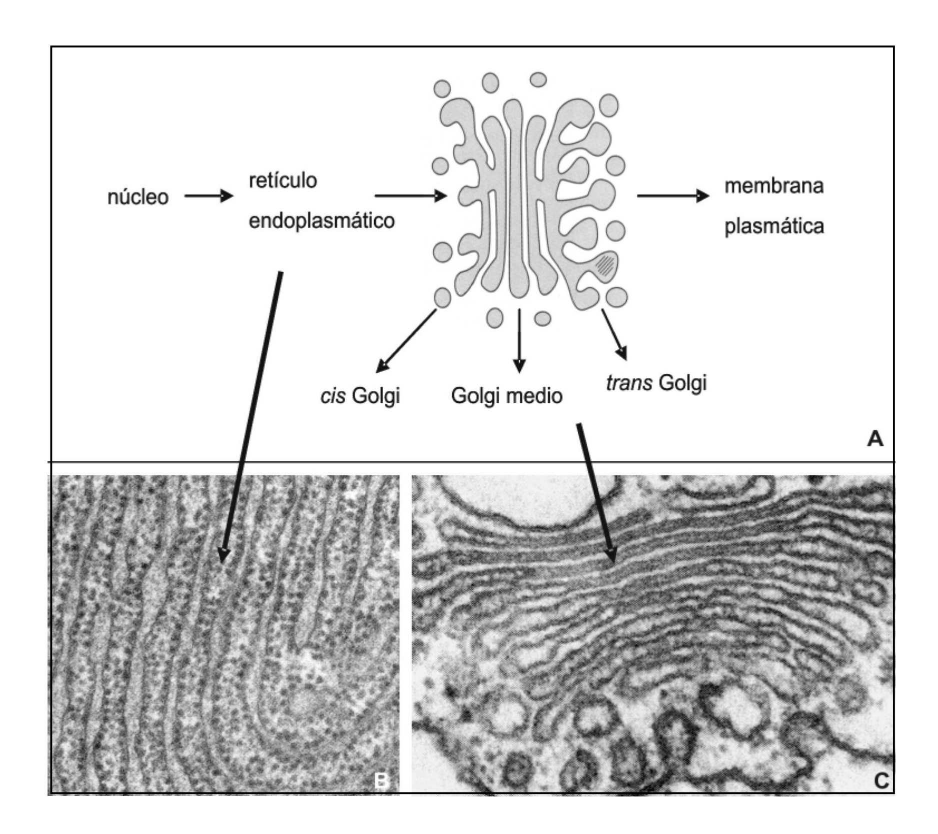


Figura 5.4 Sistemas de endomembranas. A. Esquema general. B-C. Fotografías con microscopio electrónico de transmisión. B. Sector de retículo endoplasmático rugoso de una célula animal. C. Dictiosoma de una célula vegetal.

La síntesis de una proteína comienza en el citoplasma con la formación de una guía conocida como la «secuencia señal», que dirige a la proteína que está siendo sintetizada y a los ribosomas que están participando en su síntesis hacia una región especifica del RER.

El retículo endoplasmático liso (REL) carece de ribosomas y sus principales funciones son:

a. responsable de la modificación química de pequeñas moléculas tomadas por la célula,

b. principal sitio para la hidrólisis del glucógeno y síntesis de los esteroides.

Aparato de Golgi

Consiste en sacos membranosos aplanados, llamados cisternas, apiladas unas sobre otras (2 a 20) rodeadas de túbulos y pequeñas vesículas. Según algunas citas bibliográficas, el Aparato de Golgi de las células vegetales consiste de un sistema de dictiosomas distribuidos en el citoplasma.

Las principales funciones que cumple son:

a. recibe las proteínas del retículo endoplasmático y las modifica químicamente,

b. las proteínas dentro del Aparato de Golgi son concentradas, empaquetadas y clasificadas antes de ser enviadas a su destino celular o extracelular,

c. en el Aparato de Golgi se sintetizan algunos de los polisacáridos de la pared de la célula vegetal.

Tiene tres partes funcionales distintas: una inferior, una media y una superior. La cisterna inferior que constituye la región cis, se ubica más cerca del núcleo o de un sector del retículo endoplasmático rugoso, la cisterna superior que constituye la región trans está más cerca de la superficie de la célula y la del medio es la región medial del complejo. Las tres partes tienen diferentes enzimas y realizan distintas funciones. Para que una proteína pueda ir desde el RE al Aparato de Golgi, se desprenden vesículas del RE que las contienen en el interior, estas vesículas se mueven a través del citoplasma y se fusionan en la región cis del Aparato de Golgi donde sus contenidos son liberados. Las vesículas son vehículos de transporte hacia adentro y hacia fuera del Aparato de Golgi y hacia el último destino de las proteínas.

Citoesqueleto

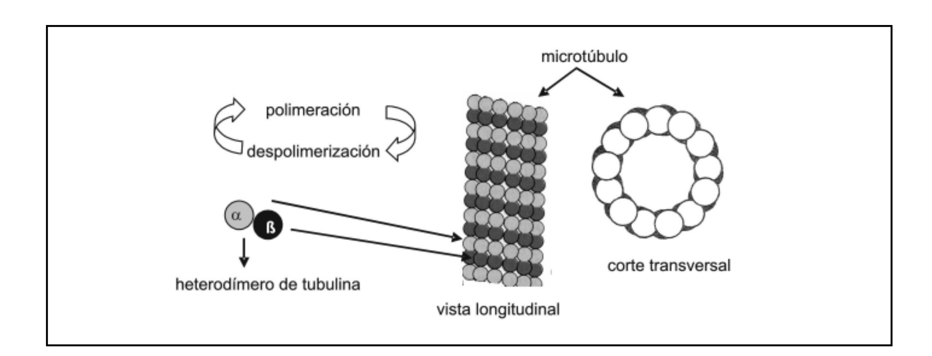
El citoesqueleto de las células eucarióticas está formado por una red de fibras proteicas desplegadas en todo el citosol, en permanente cambio y dinamismo, relacionadas con el movimiento y organización celular interna. La red resultante confiere a la célula una estructura

tridimensional muy ordenada. Contribuyen al mantenimiento de la forma de la célula, participan en la ciclosis o corriente citoplasmática y establecen las posiciones de las organelas en el interior de la célula.

El citoesqueleto está integrado por tres clases de filamentos que se clasifican por su tamaño relativo: los filamentos intermedios (8-10 nm), los microtúbulos (25 nm) y los filamentos de actina (7 nm).

Los microtúbulos son de aspecto tubular y rectilíneo (Fig. 5.5). Están formados por subunidades proteicas de tubulina, cuyo montaje es un proceso orientado y programado. Se forman en una zona contigua al núcleo y se polimerizan y despolimerizan con rapidez durante la división celular. Cuando la célula se halla en interfase los microtúbulos se encuentran en el citoplasma, durante el proceso de división celular las subunidades de tubulina se organizan formando el huso, el cual participa en el movimiento de los cromosomas.

Figura 5.5 Estructura del microtúbulo. Heterodímeros en vista longitudinal y corte transversal mostrando 13 subunidades.



Los microtúbulos son también componentes estructurales de cilios y flagelos, relacionados con el movimiento celular externo o con el movimiento de materiales alrededor de la superficie celular (Fig. 2.1). Si son relativamente largos en proporción al tamaño de la célula que los poseen, se llaman flagelos y si son cortos y abundantes, se denominan cilios. Ambos tipos de prolongaciones son utilizadas para lograr el desplazamiento de la célula en un medio líquido.

Plastidios

Son orgánulos característicos de las células vegetales. Están ausentes en bacterias, cianofíceas o cianobacterias, hongos y células animales. Se pueden distinguir varios tipos, los cuales difieren entre sí en su estructura y función. Se originan generalmente a partir de proplasti-

dios. La clasificación de estos orgánulos se basa en la presencia o ausencia de pigmentos, como se observa en el Tabla 5.1.

Plastidios con pigmentos	Plastidios sin pigmentos
Cloroplasto	Amiloplasto
	Leucoplasto
Cromoplasto	Proteinoplasto
	Elaioplasto

Tabla 5.1
Clasificación de los tipos de plastidios

Cloroplasto

La principal función que se lleva a cabo en el cloroplasto es la fotosíntesis, proceso que parte de dióxido de carbono y agua en presencia de la luz y la clorofila, para formar glucosa y oxígeno, el cual se incorpora a la atmósfera.

La reacción química es la siguiente:

$$6\,CO_2 + 6\,H_2O \xrightarrow{\text{luz - clorofila}} C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2\uparrow$$

En los grupos inferiores los cloroplastos suelen tener formas muy variadas, helicoidales, estrellados o ramificados, mientras que en las plantas superiores tienen forma de discos convexos o elipsoidales, de aproximadamente 3 a 6 ìm de diámetro (Fig. 5.6). Son abundantes en el tejido clorenquimático de las hojas.

Las principales partes de un cloroplasto son: una membrana doble, el estroma y los tilacoides. Hay una membrana externa y una interna, la cual limita con el estroma, en cuyo interior se encuentra un sistema de sacos membranosos aplanados, a manera de láminas, que atraviesan el cloroplasto de un extremo a otro llamadas tilacoides. En algunos sitios los sacos se superponen en forma de discos apilados llamados grana. Un cloroplasto puede tener entre 40 y 80 grana.

Durante la fotosíntesis, en la primera etapa que ocurre en los tilacoides (Fotosistemas I y II), se producen reacciones que capturan energía de la luz y, como resultado, ésta se convierte en energía química en enlaces de ATP y NADPH. En la segunda etapa, que se lleva a cabo en el estroma, se producen las reacciones de fijación del carbono

(Ciclos de Calvin y/o de Hatch y Slack), a través de las cuales la energía química de ATP y NADPH se usa para incorporar carbono a las moléculas orgánicas.

Además de clorofila, los cloroplastos contienen otros pigmentos como carotenoides, carotenos y xantofilas, de color variable desde amarillo al rojo. La presencia de ADN en los cloroplastos permite la autoduplicación de estos orgánulos y su parcial independencia del resto de la célula. En el estroma se observan gránulos de almidón y además ribosomas, los cuales le confieren el mecanismo metabólico para la síntesis proteica.

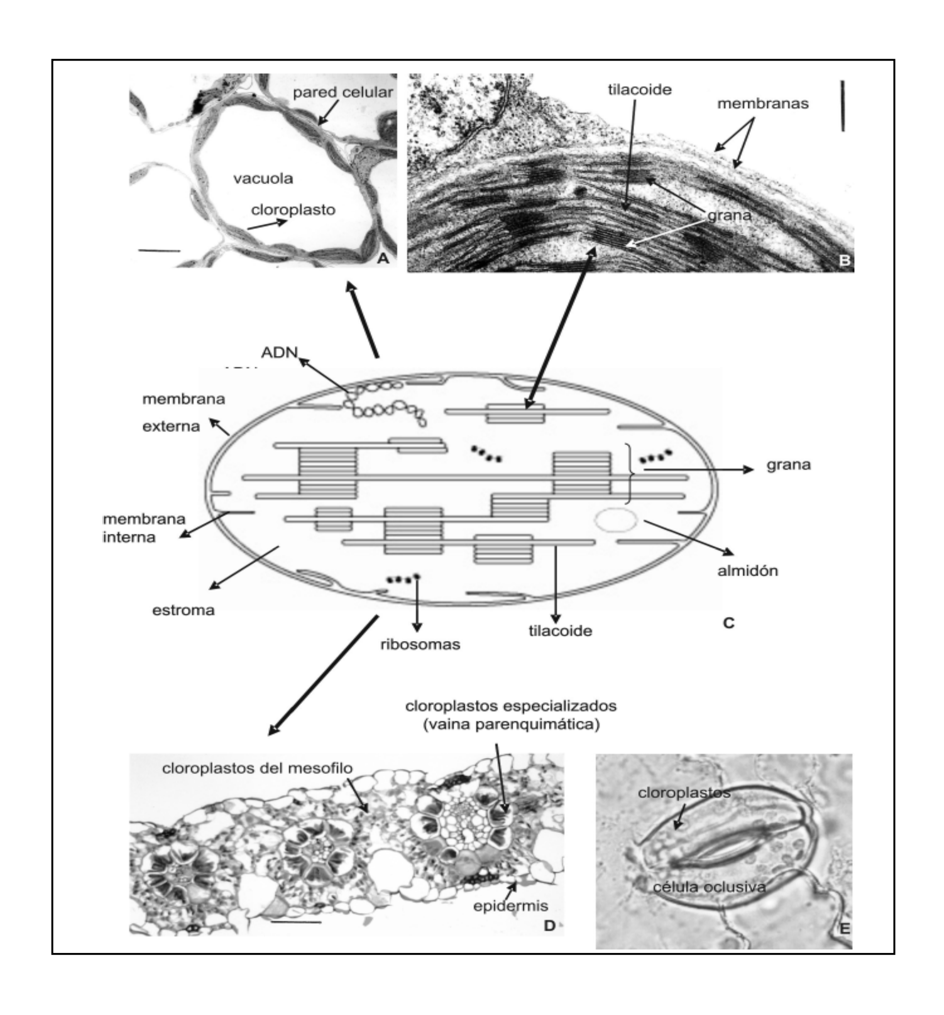


Figura 5.6 Estructura de cloroplastos. A-B. Portulaca oleracea. A. Célula con cloroplastos. B. Detalle del sistema de tilacoides. C. Esquema general (Cortesía de Natalia Klochko). D. Corte transversal de una hoja de Eleusine indica mostrando distintos tipos de cloroplastos. E. Células oclusivas de un estoma de Chrysanthemum maximum con cloroplastos.

En las plantas C_4 existe un dimorfismo de los cloroplastos, aquellos que se encuentran en el mesofilo son pequeños, contienen grana y rara vez acumulan almidón, mientras que los que se localizan en la vai-

na parenquimática son más grandes, generalmente no presentan grana y tienen almidón (Fig. 5.6.D).

Como solamente en las plantas y algunos microorganismos se encuentra la clorofila, pigmento capaz de absorber la energía necesaria para la síntesis de compuestos orgánicos, toda la vida animal depende de ellos.

Cromoplasto

Son plastidios con formas variables, contienen pigmentos carotenoides y xantofilas (Fig. 5.7.A). Se originan a partir de proplastidios o por conversión de cloroplastos o amiloplastos. Desempeñan un papel importante en la coloración de las piezas de los verticilos florales y de los frutos. Su color varía desde tonos amarillos, anaranjados hasta rojos. Los pigmentos a veces cristalizan como, por ejemplo, en zanahoria (Daucus carota) y pimiento (Capsicum annuum).

Leucoplasto

Se encuentran en células no expuestas a la luz y se los localiza frecuentemente alrededor del núcleo. Pueden acumular diversas sustancias químicas, transformándose en otro tipo de plastidio. Si tienen proteínas se denominan proteinoplastos, si contienen lípidos (aceites) elaioplastos y si presentan almidón amiloplastos (Fig. 5.7. B-D).

Amiloplasto

Son plastidios especializados en la acumulación de granos de almidón (ver Cap. 3). Se localizan en órganos reservantes como tubérculos y raíces. El almidón se deposita en el plastidio en capas o estratos alrededor de un centro de deposición que se denomina hilo (Fig. 5.7.D). Su posición puede ser céntrica o excéntrica. Puede haber uno (grano simple) o varios hilos (grano compuesto).

Mitocondrias

Las mitocondrias son usinas generadoras de ATP. En las mismas ocurre la degradación de moléculas orgánicas, mediante un proceso que requiere de oxígeno y libera energía química contenida en sus enlaces.

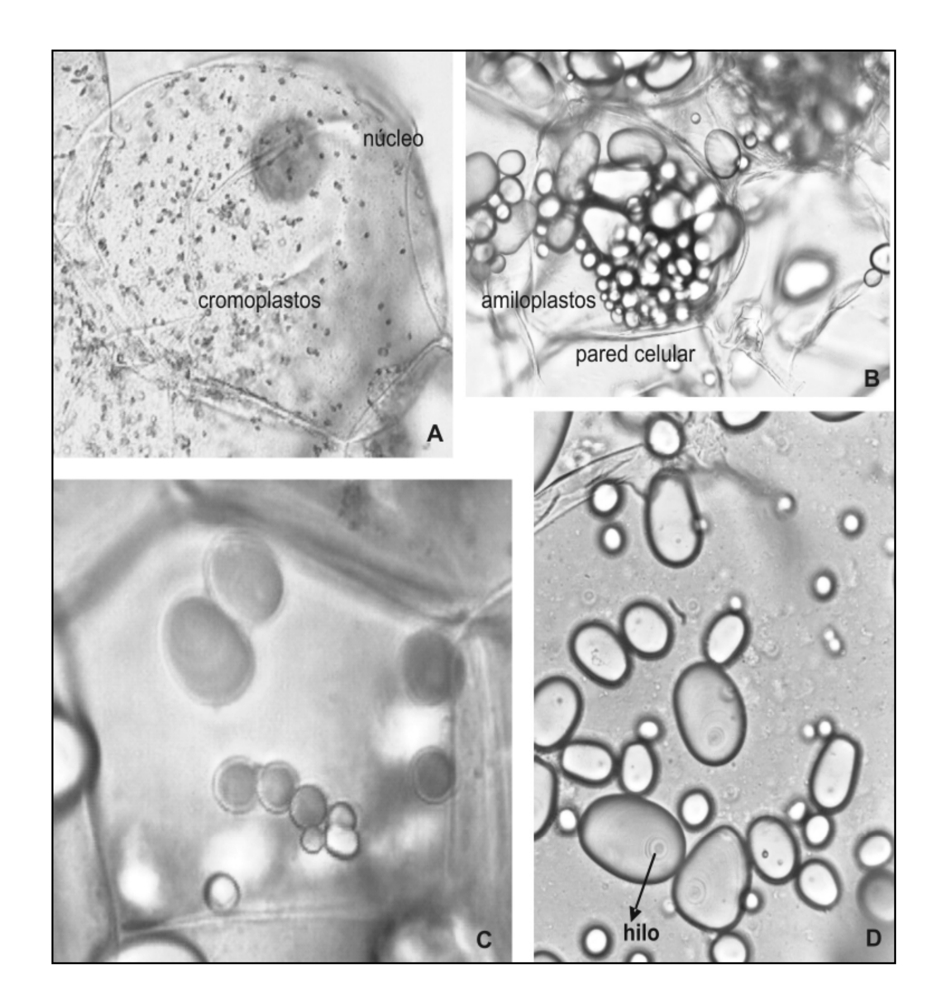


Figura 5.7
A. Cromoplastos en una célula del mesocarpo de Capsicum annuum. B-D. Amiloplastos en células de Solanum tuberosum.

Dicha energía se almacena en forma de ATP mediante un proceso llamado respiración celular. Las mitocondrias pueden tener formas variadas, esféricas o cilíndricas, de aproximadamente 2 a 8 ìm de longitud y se encuentran en células eucarióticas de hongos, protistas, animales y vegetales. Algunos organismos inferiores, como bacterias, carecen de ellas.

Están formadas por dos membranas, la externa lisa y la interna con numerosos repliegues hacia el interior, llamados crestas mitocondriales, lo cual aumenta notablemente la superficie membranosa. Dichas crestas se proyectan hacia la matriz mitocondrial constituida por un material proteico relativamente denso (Fig. 5.8).

La respiración celular consta de tres etapas:

a. glucólisis, la glucosa es degradada en el citoplasma en condiciones anaeróbicas,

b. ciclo de Krebs: el ácido pirúvico, producto final de la glucólisis, luego de perder un CO2 y unirse a una coenzima, se incorpora a un ciclo de ácidos tricarboxílicos en la matriz de las mitocondrias donde se oxida y descarboxila, pasando los electrones a distintas coenzimas. El carbono se libera como CO2,

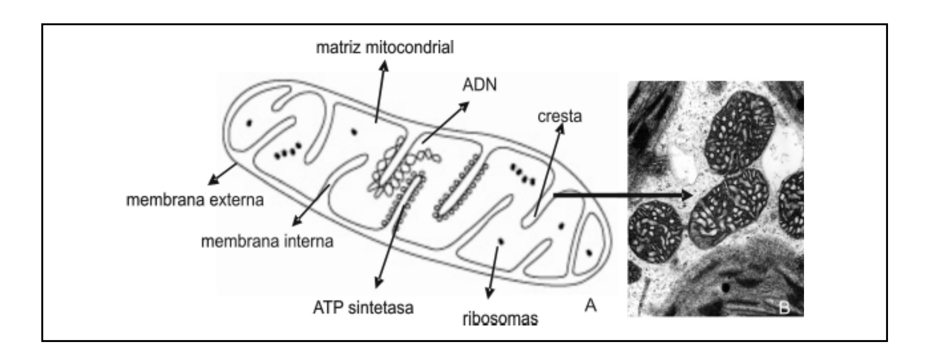


Figura 5.8 Estructura de una mitocondria. A. Esquema general (Cortesía de Natalia Klochko). B. Mitocondria de Portulaca oleracea observada con microscopio electrónico de transmisión.

c. cadena oxidativa: las coenzimas reducidas transfieren los electrones y protones a una cadena de transportadores ubicados en la membrana interna mitocondrial.

En forma resumida se puede representar la respiración celular en la siguiente reacción química:

$$36\,ADP + 36\,Pi + C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \rightarrow 6\,CO_2 + 42\,H_2O + 36\,ATP$$

Las mitocondrias se ubican en las regiones de la célula donde se requiere mayor cantidad de energía y se van desplazando de acuerdo a los sectores de demanda energética. Los microtúbulos intervienen en dichos desplazamientos. Las mitocondrias contienen ribosomas y ADN, éste último les permite autoduplicarse. Debido a la división de mitocondrias preexistentes por fisión binaria, el número de las mismas se mantiene estable en una célula durante todo el ciclo celular y las que envejecen son degradadas por vacuolas autofágicas.

Ribosomas

Son orgánulos de aproximadamente 230 Å, asociados con la síntesis proteica. Los ribosomas se encuentran tanto en células procarióti-

cas como eucarióticas. Estructuralmente constan de dos subunidades, una subunidad grande y otra pequeña, cuyo coeficiente de sedimentación varía en los diferentes organismos. Cada una de ellas está formada por ARN ribosómico (ARNr) y proteínas. El ARNr se sintetiza en el nucléolo, zona especializada del núcleo, y las proteínas ribosómicas en el citoplasma. En las células eucarióticas el ensamble para formar las subunidades se realiza en el nucléolo, y luego son transportadas al citoplasma; lo que demuestra que la biogénesis del ribosoma es un ejemplo de coordinación a nivel celular y molecular. Estos orgánulos se encuentran localizados libres en el citoplasma, en la superficie externa de la envoltura nuclear, adheridos a la superficie del retículo endoplasmático y en el interior de mitocondrias y cloroplastos.

Los ribosomas se agrupan en polisomas o polirribosomas que constituyen la unidad funcional para la realización de la síntesis de proteínas (Fig. 5.9). La unión entre ribosomas se efectúa por una hebra de ARN mensajero (ARNm), que se ubica en el espacio entre las dos subunidades ribosómicas. En la interfase celular, la información genética contenida en el ADN de los cromosomas es «copiada» por el ARNm, el cual llega al citoplasma a través de la envoltura nuclear. Durante la síntesis de proteínas, varios ribosomas se unen a una molécula de ARNm. Los aminoácidos para la síntesis proteica se encuentran en el citoplasma y son activados por un ARN de transferencia (ARNt), éstos se ubican junto al ARNm en la secuencia exacta codificada por éste. Los aminoácidos se unen entre sí mediante uniones

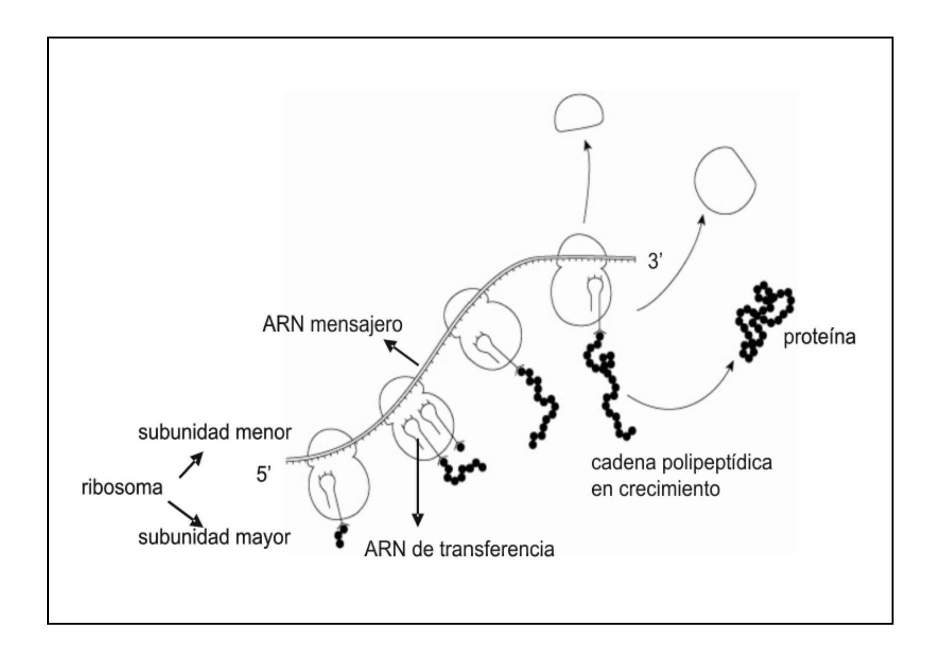


Figura 5.9
Esquema de un polirribosoma traduciendo simultáneamente la misma molécula de ARNm (Cortesía de Natalia Klochko).

peptídicas (ver Cap. 3). La subunidad mayor del ribosoma tiene un túnel o surco por el cual sale la cadena polipeptídica recién formada, que por adición de más aminoácidos dará lugar a una proteína específica.

Lisosomas

Están presentes en células animales, vegetales y en los protozoos. Son vesículas de aproximadamente 0,4 ìm. En su formación participan el RE y el Aparato de Golgi. Están limitados por una membrana simple, que protege al resto de la célula del posible efecto destructivo de las enzimas hidrolíticas que se encuentran en su interior, las cuales degradan proteínas, polisacáridos, ácidos nucleicos y lípidos a sus respectivos monómeros. Los lisosomas tienen la función de digerir alimentos y otros materiales incorporados por endocitosis (fagocitosis - pinocitosis), y además hidrolizan partes de la célula por un proceso de autofagia.

Peroxisomas

Los peroxisomas miden aproximadamente 0,2-1,7 ìm, poseen una sola membrana. En su interior contienen enzimas oxidativas que intervienen en la formación de peróxidos de hidrógeno (H2O2), los cuales son posteriormente degradados. Este compuesto es considerado tóxico para las células vivas. Los peroxisomas son abundantes en las células hepáticas y renales. En las plantas están relacionados con los cloroplastos y vinculados con el proceso de fotorrespiración.

Glioxisomas

Característicos de las semillas de las plantas. Se encuentran en las células de los tejidos de reserva que tienen lípidos. Contienen las enzimas relacionadas con el metabolismo de los triglicéridos.

Vacuolas

En la célula vegetal es característica la presencia de una vacuola grande en la parte central, de tal manera que el citoplasma forma

una delgada capa por debajo de la pared celular, por lo tanto los orgánulos se disponen en la periferia de la célula (Fig. 5.6.A). Está limitada por una unidad de membrana llamada tonoplasto. En su interior se encuentra el jugo celular que contiene azúcares, ácidos orgánicos, proteínas, taninos, antocianinas y otras sustancias. En las células animales hay vesículas o vacuolas que transportan materiales sólidos y líquidos relacionados con los procesos de endocitosis y exocitosis.

Núcleo

La mayoría de las células presentan un solo núcleo, su posición varía, pero en general es característica para cada tipo celular. Se pueden distinguir las siguientes partes:

a. envoltura nuclear (carioteca),
b. fibras de cromatina o cromosomas,
c. nucléolo,
d. nucleoplasma,
e. matriz nuclear.

Cada una de estas partes serán descriptas en detalle en el Capítulo 6.

La célula procariótica

Desde el punto de vista evolutivo, los individuos denominados procariontes se consideran antecesores de los eucariontes y comprenden a las bacterias y micoplasmas. En estos organismos no existe núcleo y la sustancia nuclear o nucleoide entra en contacto directo con el citoplasma (Fig. 5.2.B). Los procariontes, en general, están rodeados por una pared celular que se encuentra por fuera de la membrana plasmática y que le confiere su forma característica. Como excepción los micoplasmas, bacterias que viven como parásitos intracelulares, carecen de pared. En su gran mayoría, la pared celular está formada por peptidoglucano, polímero complejo de aminoazúcares llamado mureína. En algunas bacterias no se encuentra mureína como constituyente de la pared y está formada por glucoproteínas o polisacáridos. Por fuera de la pared algunas bacterias secretan una cápsula

Caracteres	Células procarióticas	Células eucarióticas
Evolución	Antecesores de los eucariontes	Células más evolucionadas
Pared celular	No celulósica, generalmente compuesta por peptidoglucanos	Celulósica en las células vegetales/ausente en animales
Membrana plasmática	Presente (ausencia de esteroides)	Presente
Sistema de endomembranas	Ausente	Presente - Compartimentalización de la célula
Mitocondrias	Ausentes. Enzimas respiratorias en la membrana plasmática	Presentes
Cloroplastos	Ausentes	Presentes en células vegetales/ausentes en células animales
Ribosoma	70S (50S + 30S)	80S (60S + 40S)
Citoesqueleto	Ausente	Presente
Membrana nuclear	Ausente	Presente
ADN	Sin proteínas asociadas	Combinado con proteínas (histonas)
Cromosomas	Una sola molécula de ADN circular	Múltiples
División	Fisión binaria	Mitosis/Meiosis
Exocitosis y endocitosis	Ausentes	Presentes
Ejemplos	Bacterias y micoplasmas	Células animales, vegetales y hongos

Tabla 5.2 Comparación de caracteres morfológicos entre células procarióticas y eucarióticas.

de polisacáridos viscosa que las protege de la desecación.

Hay bacterias que presentan dos configuraciones y composición química distintas en sus paredes celulares y se tiñen diferente con ciertos colorantes: bacterias grampositivas (color violeta) y bacterias gramnegativas (color rosado).

Por dentro de la pared celular de las bacterias se localiza la membrana plasmática de composición lipoproteica, donde se encuentra la cadena respiratoria, ésta es similar a la de las células eucarióticas (ca-

rece de colesterol). El citoplasma no posee núcleo, sistema de membranas ni citoesqueleto y tiene una apariencia granular fina debido a la presencia de numerosos ribosomas. Generalmente ligado a plegamientos internos de la membrana (mesosomas) se observa una sola molécula de ADN circular, que contiene toda la información genética del organismo. En el citoplasma también puede existir uno o más plásmidos que consisten en un pequeño ADN circular extracromosómico. La división celular ocurre por fisión binaria, es decir una célula duplica su material genético y celular. Algunas bacterias presentan uno o varios flagelos, que son extensiones responsables de la movilidad.

Las bacterias presentan una amplia diversidad en cuanto a sus formas, entre las más abundantes están los cocos con forma de esfera, los bacilos, que son como bastones, los espirilos que son células helicoidales y menos frecuentes los vibriones con forma de coma. La mayoría de las células procarióticas son pequeñas, miden entre 1 y 10 µm. Una célula bacteriana muy conocida que mide 2 µm de longitud es la Escherichia coli de fácil cultivo y rápida replicación, mientras que los micoplasmas son de aproximadamente 0,1 µm de diámetro.

En la Tabla 5.2 se presentan en forma comparativa los principales caracteres morfológicos de células procarióticas y eucarióticas.

Virus

Los virus no son organismos celulares porque no poseen una membrana celular, una maquinaria biológica que le permita utilizar energía obtenida de los alimentos ni tampoco una maquinaria biosintética para la síntesis de proteínas. Solamente tienen un programa genético específico que le permite reproducirse. Se desarrollan y reproducen únicamente en células vivas de huéspedes específicos, tanto procariontes como eucariontes, por lo que se consideran parásitos intracelulares estrictos. Cuando se encuentran fuera de la célula son metabólicamente inertes y pueden cristalizarse.

Los virus constituyen un grupo heterogéneo de tamaño variable, desde 300 a 3000 Å aproximadamente. Tienen una estructura simple, ya que están formados por una molécula de ADN o ARN y están rodeados por una envoltura proteica, formada por una o más proteínas, llamada cápside. La forma de ensamble de dichas proteínas le da a cada tipo de virus una forma determinada. Se los puede clasificar según

distintas características, como el tipo de ácido nucleico que poseen, la forma general y la asimetría de la cápside.

Al reproducirse suelen destruir la célula huésped dejando en libertad su progenie viral, que luego busca nuevos huéspedes para infectar. Muchas enfermedades en seres humanos, animales y plantas son provocadas por virus y, debido a su estructura, no son afectados por antibióticos. Al entrar en la célula huésped programan la replicación de nuevas partículas virales a partir de su propia información genética (genomio), utilizando la maquinaria biológica y biosintética de la célula parasitada.

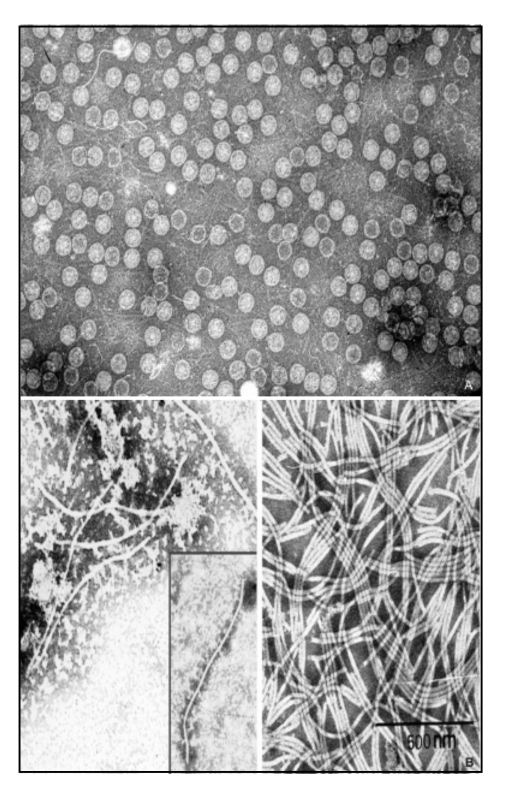


Figura 5.10
Virus. A. Virus del Mal de Río Cuarto. B. Virus del moteado clorótico del girasol. Cortesía del Dr. Sergio Lenardón.

Algunos ejemplos de virus patógenos son el causante del Mal de Río Cuarto, el del moteado clorótico del girasol (Fig. 5.10) y el virus del mosaico del tabaco para las plantas, mientras que el virus del sida y de la gripe para el ser humano, entre otros.

Actividades

1. Realice un cuadro comparando las partes que integran la célula vegetal y animal e indique función de cada una de ellas.
2. Describa y esquematice la estructura de la membrana celular.¿Cuál es el modelo más aceptado para explicar esta estructura?
3. Nombre todos los componentes de la célula que presentan membrana biológica en su estructura.
4. ¿Donde se realiza el proceso de respiración en las células eucarióticas? Describa y dibuje la organela.
5. Describa y dibuje un cloroplasto. ¿Conoce algún otro tipo de plastidio?
6. Completar la siguiente tabla donde se compara la fotosíntesis y la respiración:

Caracteres	Fotosíntesis	Respiración
Lugar de la célula donde se realiza		
Requerimiento de luz		
Punto de partida del proceso		
Comportamiento de la molécula de agua		
Gas liberado en la reacción		

7. ¿Cuáles son las estructuras que participan en el mecanismo de movimiento celular?

8. Relacione todas las partes de la célula con los componentes químicos celulares.

9. Completar los siguientes enunciados:

a. El ribosoma es una partícula esferoidal de..........................Å, compuesta por una subunidad.................... y una .... Los ribosomas eucarióticos tienen un coeficiente de sedimentación de ....

b. Mientras se sintetiza una proteína varios ribosomas se unen a una molécula de .... formando un ....

c. Químicamente un ribosoma está constituido por .... y ....

10. Distinga entre los siguientes términos: pared celular/membrana celular; retículo endoplasmático liso/retículo endoplasmático rugoso; lisosoma/peroxisoma; cilios/flagelos.

Capítulo 6

La mirada puesta en el núcleo y la división celular

Por Rosana Malpassi y Sara Basconsuelo

Una de las diferencias importantes entre las células procarióticas con las eucarióticas es la presencia o ausencia de un núcleo verdadero. En las primeras existe una región llamada nucleoide que contiene el material hereditario de la célula en una única molécula de ADN continua, mientras que en las eucarióticas se encuentra una estructura nuclear más compleja. En estas células, el núcleo ocupa cerca del 10% del total del volumen celular y representa el centro de control, ya que en él se encuentra la mayor parte del material genético celular (ADN) (ver Cap. 3). El núcleo determina la expresión de este material a medida que la célula funciona y su duplicación cuando la célula se reproduce.

Las células pueden tener uno o varios núcleos, aunque en los organismos superiores, en general, son uninucleadas. Se considera que las células sin núcleo no pueden sobrevivir pero hay excepciones como los eritrocitos (glóbulos rojos) maduros de los mamíferos, los cuales pueden vivir algunos meses después de la desintegración de su núcleo. En los vegetales, las células del floema (tejido conductor) continúan funcionando durante años después que su núcleo se desintegra, recibiendo materiales esenciales de las células nucleadas adyacentes del tejido.

El núcleo puede dividirse en las siguientes partes (Fig. 6.1):

a. envoltura nuclear (carioteca),

b. fibras de cromatina o cromosomas,
c. nucléolo,
d. nucleoplasma,
e. matriz nuclear.

Los componentes químicos del núcleo son: ADN en los cromosomas, ARN en el nucléolo y nucleoplasma (agua y sustancias disueltas),

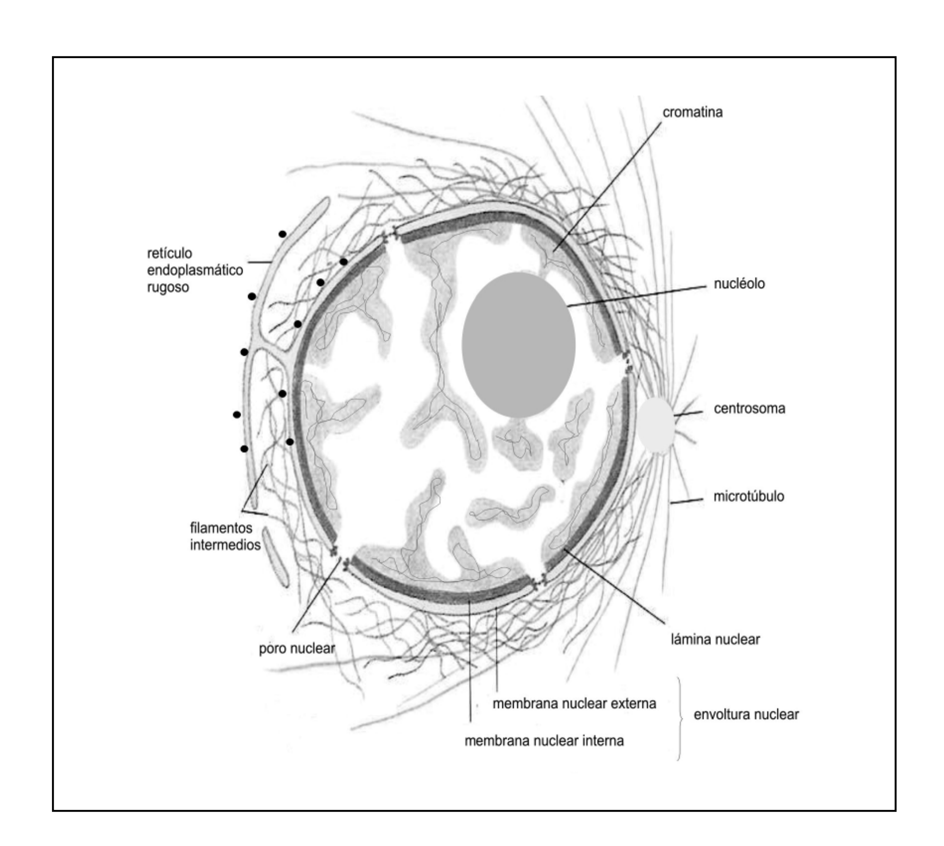


Figura 6.1
Esquema del núcleo de una célula típica en sección transversal con todas sus partes.

lípidos como constituyentes de la envoltura nuclear, y proteínas por todo el núcleo. La presencia de carbohidratos es escasa.

Envoltura nuclear

La envoltura nuclear está compuesta por dos unidades de membranas biológicas funcionalmente distintas que forman una estructura dinámica, flexible que se puede desensamblar y reensamblar durante la

división y reorganización nuclear. Esta envoltura está sostenida por dos redes de filamentos intermedios: una llamada lámina nuclear que forma una capa delgada hacia el interior de la membrana nuclear interna, mientras que la otra, menos organizada, rodea la membrana nuclear externa. Las dos capas de membrana están separadas por un espacio llamado perinuclear, y están fusionadas en regiones llamadas complejos de poro nuclear. Cada complejo tiene una abertura estrecha o poro rodeada por un anillo compuesto por proteínas en la superficie externa y otro en la superficie interna de la envoltura nuclear. En el centro se puede encontrar un tapón de material amorfo que llena el poro y que probablemente contenga el material de tránsito entre el núcleo y el citoplasma. En general, las células pueden tener varios miles de complejos de poros nucleares. Se considera que el poro nuclear es un canal acuoso estrecho (9 nm) por donde se desplazan moléculas hidrosolubles desde un compartimento a otro. También sirve para el pasaje de partículas más grandes como nucleoproteínas. La membrana externa posee numerosos ribosomas en la superficie que da al citoplasma. Su función es semejante a las del retículo endoplasmático rugoso, con el cual se continúa. Asimismo, otra de las funciones consideradas para la envoltura nuclear es proteger las moléculas de ADN de las fuerzas mecánicas generadas por los filamentos del citoplasma.

Cromosomas

En 1880, al observar células animales y vegetales en división, se describieron cuerpos en forma de barras intensamente coloreadas presentes entre los dos polos celulares y se los denominó cromosomas. Estos cuerpos, durante la interfase, se observaban como una red de fibras enmarañadas. Estas fibras son de desoxirribonucleoproteínas, que constituyen la cromatina y son las unidades básicas que forman los cromosomas.

Cada uno de ellos, entonces, es una sola cadena de desoxirribonucleoproteína que consta de una molécula de ADN doble unida a histonas y otras proteínas no histonas, constituyendo la cromatina. La unidad de empaquetamiento de la cromatina se conoce como nucleosoma, es decir el ADN unido a las histonas forman estructuras granulares que alternan con tramos de ADN libres de histonas (Fig. 6.2).

La cromatina en los núcleos puede estar en dos estados diferentes de condensación:

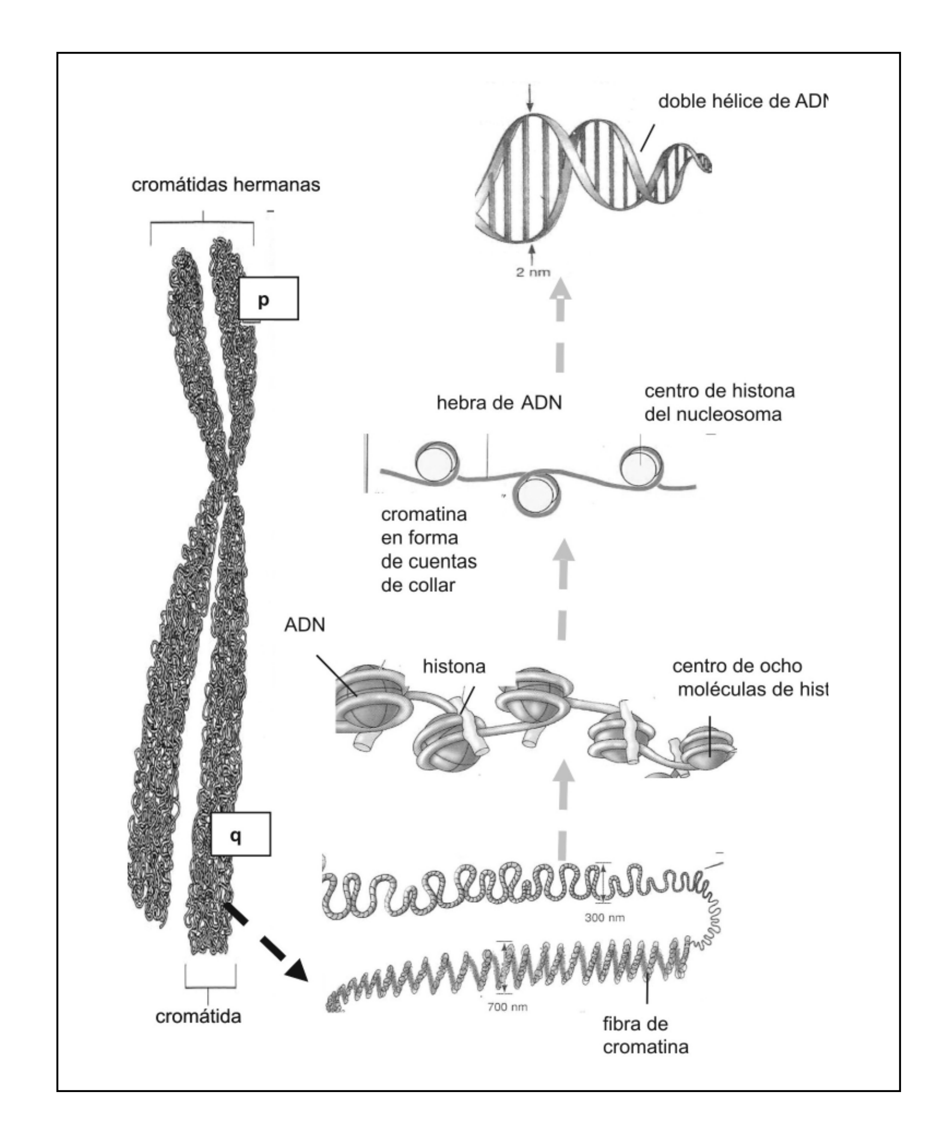


Figura 6.2 Empaquetamiento de una molécula de ADN formando el cromosoma. El nucleosoma está formado por un centro de histonas rodeado por dos vueltas de ADN.

a. la heterocromatina, que permanece condensada durante toda la vida de la célula,

b. la eucromatina, que está extendida y laxamente distribuida.

La primera es genéticamente estable o incluso inactiva. Un ejemplo de ésto es uno de los dos cromosomas X de las hembras de mamíferos, el cual es enteramente heterocromático y, por lo tanto, inactivo.

En cada cromosoma se pueden identificar las siguientes partes: un componente filamentoso llamado cromátida, una zona de constricción primaria denominada centrómero y el extremo de los brazos reconocido como telómero (Fig. 6.3). El centrómero divide a la cromátida en

dos brazos, por lo general uno más largo que el otro, identificándose al brazo más corto con la letra «p» y al restante con la letra «q».

El centrómero desempeña una función esencial en el momento de la división celular, ya que en esta región se produce la adhesión de las fibras del huso. En la región del centrómero se encuentra, entre la heterocromatina constitutiva de los dos brazos de un cromosoma, un componente proteico de tres capas en forma discoidal que forma el cinetocoro. En la capa más externa de este disco es donde se produce la inserción de las fibras del huso. En mamíferos y otros eucariontes superiores, el ADN que rodea a cada centrómero está compuesto de una secuencia simple de repetición de nucleótidos que constituye el ADN satélite.

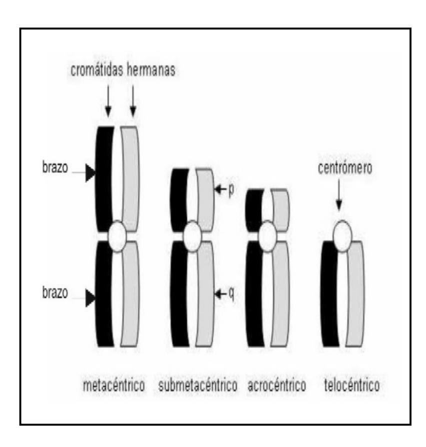


Figura 6.3 Tipos de cromosomas.

Los cromosomas se pueden describir de acuerdo al tamaño y localización del centrómero. De acuerdo a esta última característica pueden ser:

a. metacéntrico, cuando el centrómero está en el medio y, por lo tanto, los dos brazos son de igual tamaño,

b. submetacéntrico, el centrómero está más cerca de uno de los extremos y los brazos son de tamaño diferente,

c. acrocéntricos, el centrómero está desplazado totalmente hacia un extremo del cromosoma, la diferencia de longitud de los brazos es marcada y se presenta una pequeña masa de cromatina llamada satélite en el extremo libre del brazo corto,

d. telocéntricos, el centrómero está ubicado en un extremo del cromosoma y, por lo tanto, queda definido sólo un brazo.

Genes

En los cromosomas se pueden diferenciar distintas regiones con funciones únicas, es decir, que no pueden ser realizadas por ninguna otra región ubicada en otro cromosoma. Cada una de estas regiones denominadas genes está formada por un sector de ADN que se trans-

cribe en una molécula funcional de ARN. En cada cromosoma se encuentran numerosos genes, que contienen las instrucciones químicamente codificadas para la producción de las proteínas necesarias para el metabolismo celular.

Telómero

La región del telómero se define como el segmento de ADN del extremo molecular de un cromosoma lineal que es necesario para la duplicación y estabilidad de ese cromosoma, evitando la fusión de los extremos intactos con otros cromosomas. Este segmento tiene una secuencia especializada para dicha función.

La presentación ordenada de todos los cromosomas se denomina cariotipo, mientras que la información genética total acumulada en los cromosomas se conoce como genoma. En organismos diploides, como el ser humano, hay dos copias de cada cromosoma diferentes: una heredada del padre y la otra de la madre. Así, una célula humana típica contiene un total de 46 cromosomas ordenados en 23 pares, de los cuales 22 pares son autosomas y 1 par es sexual. La presencia de los distintos tipos de cromosomas y su predominio en un cariotipo depende de las especies y grupos de organismos.

En todas las células diploides, los dos cromosomas pertenecientes al mismo par se denominan homólogos. Ellos se asemejan entre sí en tamaño, forma y tipo de información hereditaria que contienen.

Nucléolo

Es una estructura esférica rodeada por nucleoplasma y originada por un organizador específico ubicado en un lugar particular de un cromosoma organizador del nucléolo (Fig. 6.1). Puede haber más de un cromosoma organizador de nucléolos, por lo que puede haber más de un nucléolo en un mismo núcleo. Los nucléolos pueden fusionarse entre sí, como ocurre en las células humanas diploides típicas. En éstas, generalmente, se unen cinco pares de nucléolos, por lo que en interfase aparece sólo un nucléolo grande.

La función del nucléolo es la síntesis de ARN ribosómico y ensamble de los componentes químicos de las subunidades del ribosoma. Las subunidades maduran en el núcleo o en el citoplasma adyacente

una vez que han sido transportadas fuera del núcleo. Por micrografías electrónicas se pueden distinguir cuatro componentes en el nucléolo:

a. la zona granular, que posee subunidades ribosómicas próximas a completarse,

b. la zona fibrilar, formada por fibrillas de ARN en forma de nucleoproteínas,

c. la zona de cromatina nucleolar,

d. la matriz nucleolar, sin estructura en la cual están distribuidos todos estos materiales.

El tamaño del nucléolo puede variar, ya que serán diferentes las velocidades de producción de subunidades ribosómicas según las actividades celulares biosintéticas. Durante la mitosis y meiosis los nucléolos desaparecen en la profase y reaparecen en la telofase. Cuando empieza esta fase en la región organizadora de nucléolos de cada cromosoma, se empiezan a formar nucléolos pequeños, que luego se unen entre sí formando otros más grandes. De esta forma se reanuda la síntesis de macromoléculas y continúa durante toda la interfase.

En el núcleo y nucléolo no se encuentran ribosomas maduros, por lo que en ellos no ocurre síntesis de proteínas. La totalidad de proteínas nucleares se producen en el citoplasma y son transportadas a través de la envoltura nuclear al núcleo. En él forman parte de los cromosomas, las subunidades ribosómicas, la envoltura nuclear u otras estructuras nucleares. También realizan diferentes funciones durante la replicación y transcripción del ADN.

Nucleoplasma y matriz nuclear

El nucleoplasma rodea la cromatina y está formado por agua y sustancias disueltas. Dentro del mismo existe una red de proteínas estructurales denominada matriz nuclear que organiza la cromatina y sería equivalente al citoesqueleto.

Reproducción celular

En general, en los cromosomas, el material genético se encuentra or-

ganizado en secuencias de nucleótidos llamados genes. Los genes portan información esencial para el funcionamiento de la célula y, por lo tanto, deben distribuirse en forma equitativa entre las células hijas.

La capacidad de reproducirse es una propiedad fundamental de las células (ver Cap. 2). En los organismos unicelulares, la división celular implica una verdadera reproducción y, por este proceso, se originan dos o más organismos. Por el contrario, los organismos multicelulares provienen de una sola célula, llamada cigoto, y la sucesiva división de ésta determina el desarrollo y el crecimiento del individuo. Para apreciar la importancia de la multiplicación celular, sólo basta tener en cuenta que un organismo adulto posee 1014 células, todas derivadas de una sola. La reproducción celular debe estar regulada en forma precisa, de manera que la formación de células compense la pérdida de las mismas en los tejidos adultos.

Ciclo celular

Las células que se dividen pasan a través de una secuencia regular y repetitiva de crecimiento y división conocida como ciclo celular. El ciclo celular se divide en tres fases principales: interfase, división y citocinesis (Fig. 6.4). La duración va desde pocas horas hasta varios días, dependiendo del tipo de célula y de los factores externos como temperatura o nutrientes disponibles.

Interfase

Durante la interfase ocurren procesos preparatorios como es la duplicación del ADN, síntesis de histonas y otras partículas asociadas al ADN de los cromosomas, además de producir nuevas organelas para las dos células hijas y ensamblar las estructuras necesarias para que se lleven a cabo la división y la citocinesis. Generalmente, los cromosomas no son visibles porque se encuentran en un estado de dispersión o hidratación muy intensa y sus componentes macromoleculares se hallan distribuidos laxamente dentro del núcleo.

Esta etapa se puede dividir, a su vez, en tres fases: G1, S y G2. En G1 (del inglés gap: intervalo), que ocurre luego de la citocinesis y antes de la fase S, hay una intensa actividad bioquímica. Las células aumentan de tamaño y sus moléculas y estructuras citoplasmáticas au-

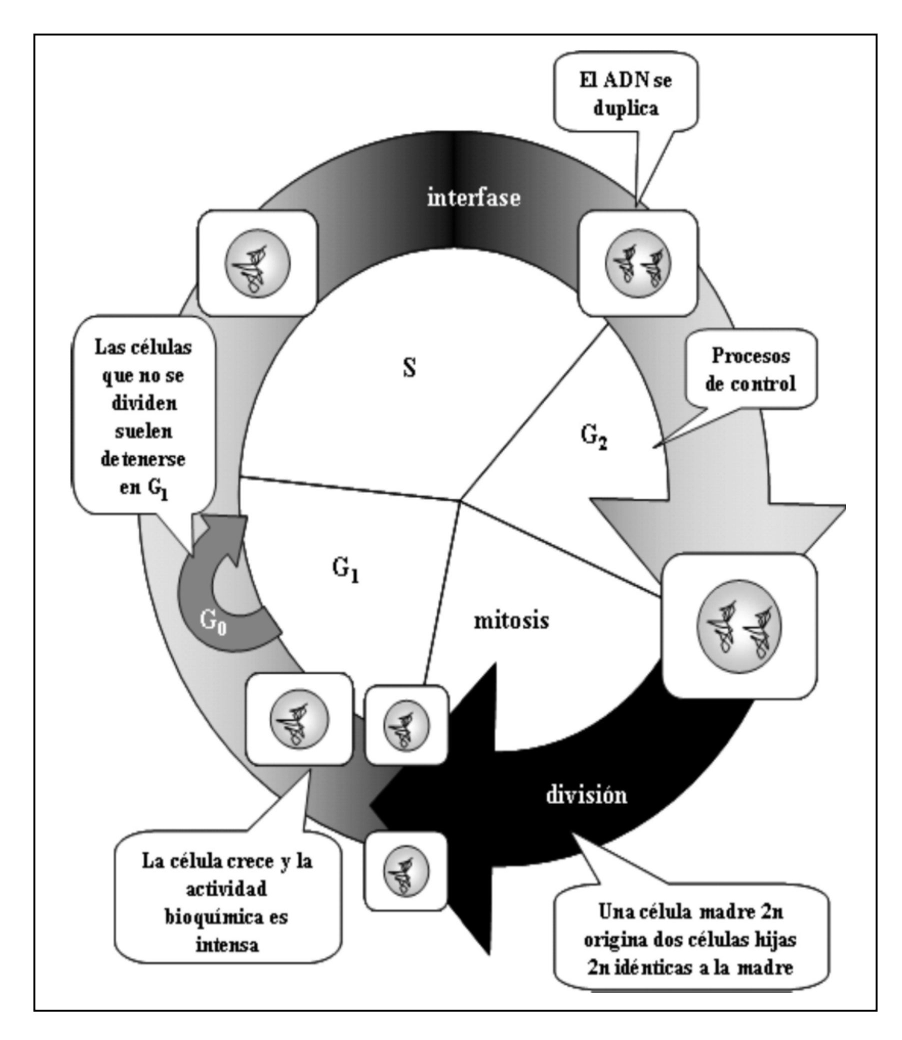


Figura 6.4
Ciclo celular.

mentan en número. Algunas estructuras celulares, como microtúbulos y algunas partes de ribosomas, son sintetizadas de novo (de cero) por parte de la célula, mientras que otras, como mitocondrias y cloroplastos, se duplican. Este período es el que presenta una duración más variable entre distintos tipos celulares. Algunas células no se dividen y permanecen en una etapa llamada G0. Durante la fase S (de síntesis) el ADN se replica, como así también muchas de las histonas y otras partículas asociadas a éste. Durante G2, que sigue a S y precede a la división, ocurren los preparativos finales para ésta. Los cromosomas recién duplicados, dispersos en el núcleo en forma de filamentos de cromatina relajada, comienzan a enrollarse lentamente y a condensarse en una forma compacta. También la célula empieza a ensamblar estructuras especiales, como por ejemplo el huso.

La duración y el patrón del ciclo celular difieren según la especie.

En algunas, el ciclo completo requiere de aproximadamente 19 hs: 7 hs ocupa la fase S, G1 y G2 tienen igual duración (aproximadamente 5 hs cada una), y la mitosis 2 hs.

División celular

En células eucarióticas, el problema de dividir el material genético en forma equitativa es complejo. La célula eucariótica contiene ADN lineal en forma de un cierto número de cromosomas diferentes, específico de cada especie. La célula somática humana tiene 46 cromosomas y, cuando se divide, cada célula hija debe recibir una copia completa. Además, las organelas que se encuentran en esta célula también deben ser repartidas entre las células hijas.

La mitosis es un tipo de división celular que distribuye en forma precisa los múltiples cromosomas de una célula eucariótica a los núcleos hijos y, de esta forma, asegura que cada uno reciba un conjunto completo. Durante la mitosis, se forma un huso constituido por microtúbulos, al cual se unen, en forma independiente, cada uno de los cromosomas presentes en la célula. Esta estructura permite que los cromosomas se separen en forma organizada. La mitosis termina normalmente con una citocinesis que divide a la célula madre en dos células hijas. Cada una contiene un juego completo de cromosomas y aproximadamente la mitad del citoplasma, incluidas las organelas y macromoléculas, de la célula madre. La mitosis y la citocinesis son los acontecimientos culminantes de la división celular en los eucariontes.

Mitosis

En células somáticas, los núcleos se dividen por mitosis y, de cada uno de ellos, resultan dos núcleos hijos con el mismo número de cromosomas (Fig. 6.5). Por consiguiente, las células hijas son idénticas entre sí y a su madre. La mitosis comprende una serie consecutiva de fases llamadas:

a. profase,
b. metafase,
c. anafase,
d. telofase.

De todas, la profase es la más larga. Si una división mitótica dura 10 minutos (tiempo mínimo requerido), la profase ocupará aproximadamente 6 minutos.

Una vez que la célula ha duplicado su material genético durante la interfase (Fig. 6.5.A-6.5.F), ésta entra en división. Al comienzo de la profase, los cromosomas empiezan a condensarse y se hacen visibles en el microscopio óptico (Fig. 6.5.B-6.5.G). En esta fase cada cromosoma consiste en dos copias longitudinales de ADN llamadas cromátidas hermanas, cada una de las cuales posee un área llamada centrómero, por la cual ambas cromátidas se unen. En cada centrómero se ensambla un gran complejo proteico llamado cinetocoro que forma una placa en la superficie del centrómero en donde se insertan los microtúbulos del huso. La célula se vuelve más esférica y el citoplasma más viscoso, en tanto que los microtúbulos comienzan a prepararse para la formación del huso.

El huso es una estructura tridimensional elíptica que consiste de:

a. fibras polares, que llegan desde cada polo del huso hasta una región central a mitad de camino entre los polos,

b. fibras cinetocóricas, que se insertan en los cinetocoros de los cromosomas duplicados.

Estos dos grupos de fibras posibilitan la separación de las cromátidas hermanas durante la mitosis. En los polos de este huso existe una zona densamente teñida, el centrosoma, que se considera que es el área a partir de la cual se originan las fibras. En los centrosomas de las células animales se encuentran dos pares de centríolos rodeados por microtúbulos que irradian en todas direcciones llamados áster. En este momento, los nucléolos han desaparecido, la envoltura nuclear se rompe y se dispersa en fragmentos membranosos similares al retículo endoplasmático. Al final de la profase, los cromosomas completamente condensados están en contacto con el citoplasma por la desaparición de la envoltura nuclear. Los centrosomas alcanzaron los polos de la célula. Las fibras polares del huso están completamente formadas y también se han formado las fibras del cinetocoro.

Al comienzo de la metafase, los pares de cromátidas se van ubicando en el plano ecuatorial conducidos por las fibras cinetocóricas como si fuesen atraídos primero por un polo y luego por el otro (Fig. 6.5.C-

6.5.H). Finalmente, los pares de cromátidas se disponen exactamente en el plano medial de la célula, lo que señala el final de la metafase.

La anafase es la etapa más rápida de la mitosis, los centrómeros se separan simultáneamente, haciendo que cada una de las cromátidas hermanas sea atraída hacia polos opuestos (Fig. 6.5.D-6.5.I). Los centrómeros se mueven primero, mientras que los brazos de los cromosomas parecen quedar rezagados. A medida de que continúa la anafase, un conjunto de cromátidas recién separadas se mueve hacia un polo, mientras que el otro conjunto se mueve hacia el polo opuesto del huso.

Al inicio de la telofase, los cromosomas ya alcanzaron los polos opuestos y el huso comienza a dispersarse (Fig. 6.5.E-6.5.J). Al final de esta etapa, se vuelven a formar las correspondientes envolturas nucleares alrededor de los conjuntos de cromosomas, que ya comienzan a descondensarse. En el núcleo reaparecen los nucléolos. Frecuentemente, en la célula animal, comienza a formarse un nuevo centríolo junto a cada uno de los previos.

Citocinesis

La citocinesis, o división del citoplasma, habitualmente acompaña la mitosis o división del núcleo. Generalmente, comienza durante la telofase de la mitosis y divide a la célula en dos partes casi iguales. La partición ocurre siempre en la línea media del huso, región donde se superponen las fibras polares. En células animales, durante la telofase temprana, la membrana comienza a constreñirse alrededor de la circunferencia de la célula en el plano ecuatorial del huso. Ésto se debe a la interacción de microfilamentos de actina y miosina localizados en un anillo inmediatamente por debajo de la membrana plasmática. Al principio aparece un surco, que gradualmente se profundiza y forma una hendidura. Por último, la conexión entre las células hijas se reduce a una hebra delgada que pronto se parte. En células vegetales, por el contrario, aparecen vesículas membranosas derivadas del Aparato de Golgi en la línea media y dividen el citoplasma. Moviéndose por los microtúbulos, estas vesículas se fusionan para formar la nueva membrana plasmática y contribuyen con su contenido a una placa celular que es el inicio de una nueva pared celular (Fig. 6.5.E-6.5.J). Es decir, a medida de que se agregan más vesículas, los bordes de la placa en crecimiento se fusionan con la membrana de la célula y forman una capa de polisacáridos entre las dos células hijas, completándose la separación. Esta capa se impregna con pectinas y forma, finalmente, la

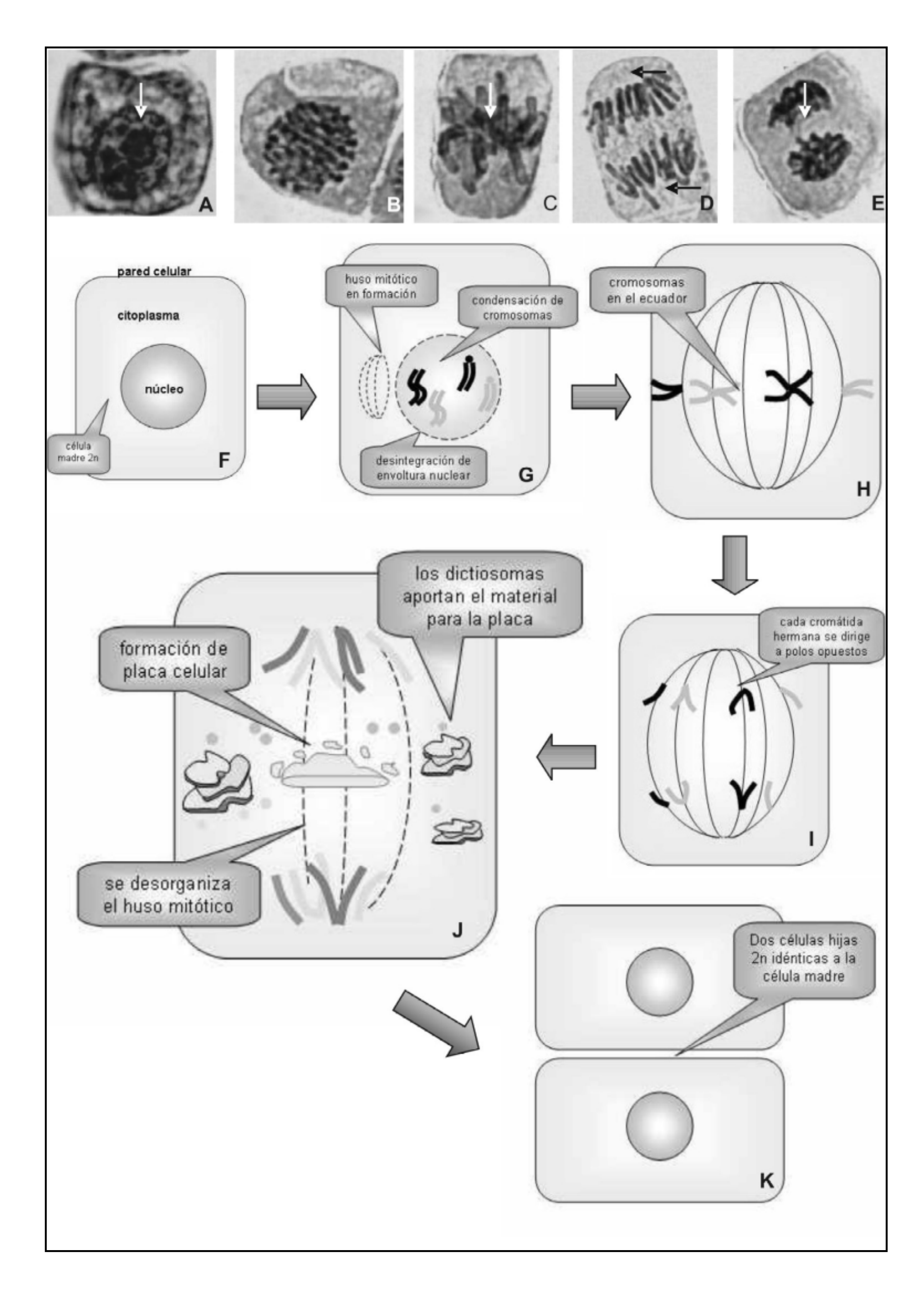


Figura 6.5

Interfase y división celular (mitosis) en ápice radical de Allium cepa «cebolla».
A. Interfase, la flecha indica el nucléolo.
B. Profase.
C. Metafase, la flecha indica placa ecuatorial.
D. Anafase, las flechas indican los polos del huso.
E. Telofase, la flecha indica la placa celular.
F-K. Esquemas de células sufriendo mitosis.
F. Interfase.
G. Profase.
H. Metafase.
I. Anafase.
J. Telofase.
K. Resultado de la mitosis.

laminilla media. Cada nueva célula construye su pared celular, depositando celulosa y otros polisacáridos sobre la superficie externa de su membrana celular.

Cuando se completa la división celular se han producido dos células hijas más pequeñas que la célula madre, pero idénticas a ésta en cualquier otro aspecto (Fig. 6.5.K).

Diferencias entre mitosis de células animales y células vegetales

Hasta el momento, existen dos diferencias entre mitosis en células animales y vegetales:

a. la primera es que las células vegetales carecen de centríolos y de ásteres en los polos del huso mitótico,

b. la segunda es la forma en que ocurre la citocinesis:

i. en células animales, la membrana plasmática comienza a constreñirse alrededor de la circunferencia de la célula en el plano ecuatorial del huso, formando un surco que gradualmente se profundiza hasta partir las dos células,

ii. en células vegetales aparecen vesículas membranosas que forman una placa celular, siendo éste el inicio de una nueva pared celular. A medida de que se agregan más vesículas, la placa en crecimiento se fusiona con los bordes laterales de la célula, completándose la separación.

Reproducción sexual

La mayoría de los organismos eucariontes se reproducen sexualmente. Este tipo de reproducción requiere, por lo general, dos progenitores y siempre involucra dos hechos: la singamia y la meiosis. La primera es el medio por el cual las dotaciones genéticas de ambos progenitores se reúnen y forman una nueva identidad genética, la de la progenie; la segunda es un tipo especial de división nuclear y celular que permite la reducción a la mitad del número de cromosomas. La reproducción sexual es la responsable de la diversidad genética.

Haploidía y diploidía

Cada organismo tiene un número cromosómico característico de su especie. Un mosquito tiene 6 cromosomas; el maíz, 20; el girasol, 34; el ser humano, 46; el perro, 78. Sin embargo, en los organismos de reproducción sexual, las células sexuales tienen exactamente la mitad del número cromosómico que las células somáticas. El número de cromosomas de los gametos se conoce como número haploide (dotación simple) y el de las células somáticas, número diploide (dotación doble). Las células que tienen más de dos dotaciones cromosómicas se denominan

poliploides (muchas dotaciones). El número haploide se designa como n y el diploide como 2n. En el hombre, n = 23 y 2n = 46. Cuando el espermatozoide fecunda al óvulo, los dos núcleos haploides se fusionan, n + n = 2n, y el número diploide se restablece. Esta célula diploide producida por la fusión de gametos se conoce como cigoto.

En toda célula diploide, cada cromosoma tiene su pareja. Como se explicó previamente, estos pares de cromosomas se conocen como homólogos porque se asemejan en tamaño y forma, y también en el tipo de información hereditaria que contienen. Uno de los homólogos proviene del gameto de uno de los progenitores y el otro del otro progenitor.

En la meiosis, se produce la reducción del número cromosómico de la célula, que en realidad es una reducción del número de juegos cromosómicos (de diploide a haploide). Cada núcleo de las células hijas contiene la mitad del número cromosómico de la célula progenitora, ya que sólo recibe un miembro de cada pareja de cromosomas homólogos. Así la meiosis compensa los efectos de la singamia. Además de mantener un número constante de cromosomas de generación en generación, la meiosis es fuente de nuevas combinaciones de material genético dentro de los mismos cromosomas.

Meiosis

La meiosis, a diferencia de la mitosis, consiste en dos divisiones nucleares sucesivas, que dan como resultado un total de cuatro células hijas. Estas dos divisiones son llamadas Meiosis I y Meiosis II (Fig. 6.6-6.7-6.8).

Durante esta división ocurren tres procesos esenciales:

a. apareamiento o sinapsis de cromosomas homólogos,
b. entrecruzamiento o crossing-over,
c. segregación de cromosomas homólogos.

De la misma manera que la interfase precede a la mitosis, durante la interfase anterior a la meiosis los cromosomas de células germinales se han duplicado, por lo que al comienzo de la meiosis, cada cromosoma está formado por dos cromátidas hermanas idénticas unidas por el centrómero. La primera división se desarrolla a través de las etapas de profase, metafase, anafase y telofase. A todas ellas se las designa con I para indicar que corresponden a la Meiosis I (Fig. 6.6-6.7).

Figura 6.6
Meiosis en células madres de granos de polen de Secale cereale «Centeno».
A. Profase I.
B. Metafase I.
C. Anafase I, la flecha indica la presencia del huso.
D. Telofase I.
E. Intercinesis.
F. Profase II.
G. Metafase II.
H. Anafase II.
I. Telofase II.
J. Resultado de la meiosis.

Como la profase I es larga y suceden una serie de acontecimientos, se la ha dividido en cinco etapas: leptonema, cigonema, paquinema, diplonema y diacinesis (Fig. 6.6.A). Durante leptonema, la cromatina se condensa y los cromosomas se hacen visibles en el microscopio óptico. Los microtúbulos del huso se organizan y comienzan a desaparecer los nucléolos y la envoltura nuclear (Fig. 6.7.B). En cigonema, ocurre uno de los procesos más importantes que es el apareamiento de homó-

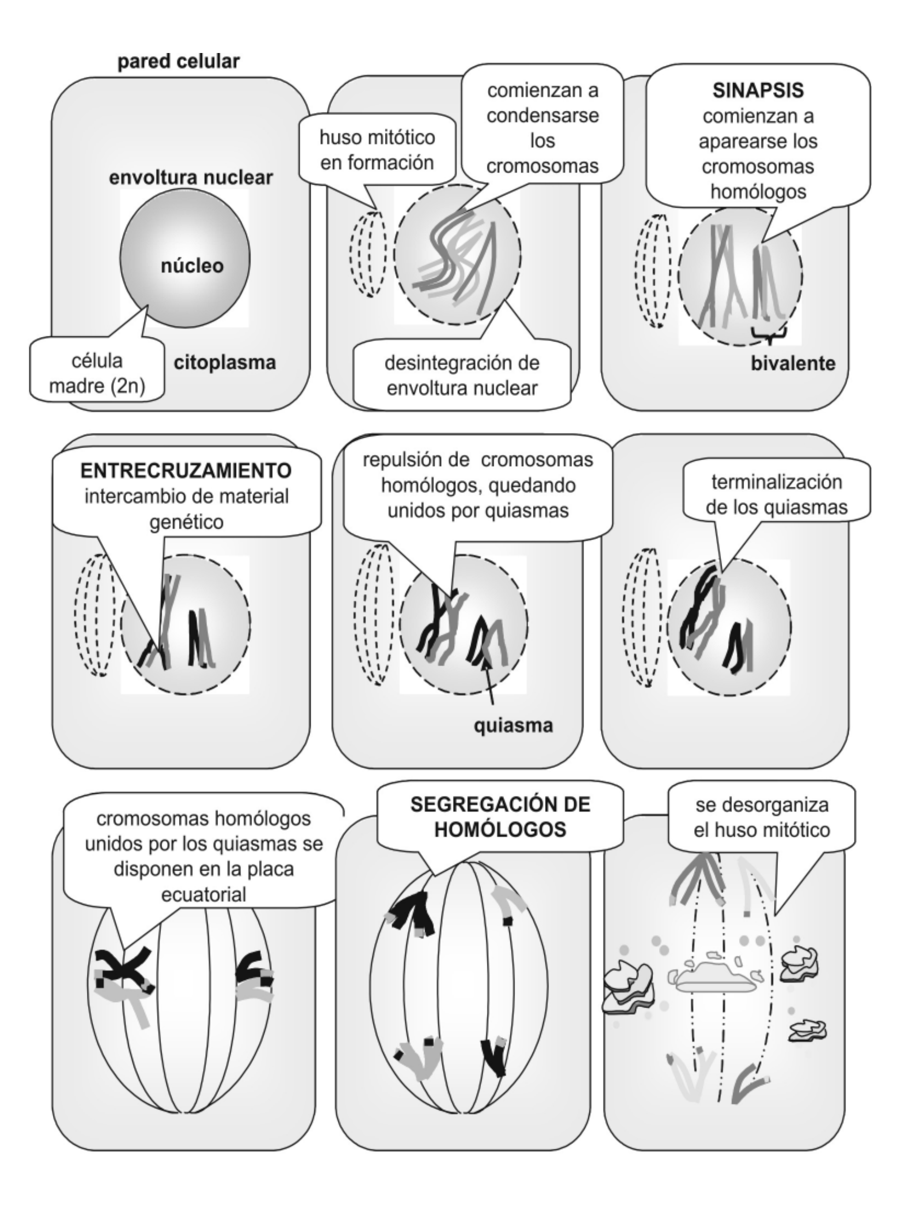


Figura 6.7
Esquema de las distintas fases correspondientes a Meiosis I.
A. Interfase.
B. Leptonema.
C. Cigonema.
D. Paquinema.
E. Diplonema.
F. Diacinesis.
G. Metafase I.
H. Anafase I.
I. Telofase I.

logos; este contacto entre homólogos se denomina sinapsis y se realiza punto por punto, resultando una estructura llamada bivalente (Fig. 6.7.C). En paquinema, los cromosomas homólogos completan el apareamiento y, como el contacto es tan estrecho, el par de cromosomas recibe el nombre de tétrade. En esta etapa ocurre el entrecruzamiento o crossing-over, que consiste en el intercambio de un segmento de un cromosoma por el segmento correspondiente del otro cromosoma homólogo (Fig. 6.7.D). Durante diplonema, los homólogos de cada par comienzan a separarse entre sí, excepto en las regiones de entrecruzamiento. Estos puntos se denominan quiasmas y representan la expre-

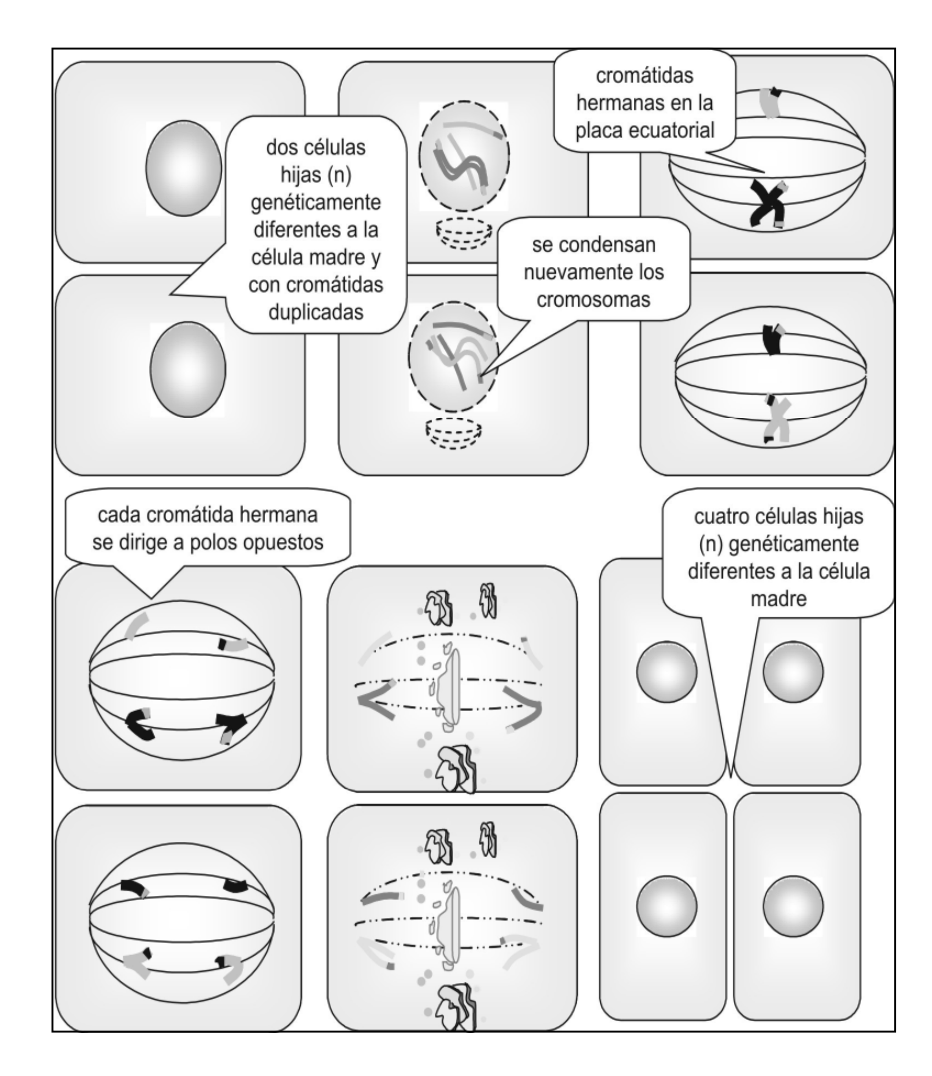


Figura 6.8
Esquema de las distintas fases correspondientes a Meiosis II.
A. Intercinesis.
B. Profase II.
C. Metafase II.
D. Anafase II.
E. Telofase II.
F. Resultado de la meiosis.

sión morfológica del entrecruzamiento (Fig. 6.7.E). Éstos permanecen unidos hasta el fin de la profase. En diacinesis, mientras continúa la condensación de cromosomas, los quiasmas se desplazan hacia los extremos, proceso que se denomina terminalización de los quiasmas (Fig. 6.7.F). Los homólogos sólo quedan unidos por estos puntos.

En la metafase I, los pares de homólogos se alinean en el plano ecuatorial de la célula y se unen a través de sus centrómeros a la misma fibra del huso, a diferencia de la metafase de mitosis en la que los cromosomas duplicados se disponen en el plano ecuatorial pero sin apareamiento de homólogos (Fig. 6.6.B-6.7.G).

Durante la anafase I, los homólogos, cada uno formado por dos cromátidas hermanas, se separan como si fueran tironeados por las

fibras del huso unidas a sus cinetocoros (Fig. 6.6.C-6.7.H). Sin embargo, las dos cromátidas hermanas de cada homólogo no se separan, como ocurre en mitosis, sino que permanecen juntas.

Al final de la primera división meiótica, en la telofase I, los cromosomas se han movido hacia los polos (Fig. 6.6.D-6.7.I). Cada grupo de cromosomas contiene ahora sólo la mitad de cromosomas del núcleo original. Además, estos cromosomas pueden ser diferentes de cualquiera de los que estaban presentes en la célula original, debido a los intercambios que ocurrieron durante el entrecruzamiento.

En general, se forman nuevas envolturas nucleares alrededor de cada grupo de cromosomas y la citocinesis puede ocurrir o no. Aunque se han formado dos núcleos haploides, la meiosis todavía no termina, ya que cada núcleo contiene el doble de la cantidad haploide de material hereditario. Ésto es debido a que cada cromosoma está formado por dos cromátidas.

La meiosis II se parece a la mitosis, excepto en que no está precedida por la duplicación del material cromosómico. Puede haber una interfase corta, llamada intercinesis, durante la cual los cromosomas se desenrollan parcialmente (Fig. 6.6.E-6.8.A).

Al comienzo de la segunda división, los cromosomas se condensan nuevamente. Durante la profase II, las envolturas nucleares se desintegran y comienzan a aparecer las fibras del huso (Fig. 6.6.F-6.8.B).

Durante la metafase II, los cromosomas duplicados se ordenan en el plano ecuatorial, las fibras del huso se asocian una vez más con los cinetocoros y, desde los polos, se extienden las otras fibras del huso (Fig. 6.6.G-6.8.C).

En la anafase II, al igual que en anafase de mitosis, las cromátidas hermanas se separan una de la otra (Fig. 6.6.H-6.8.D). Cada cromátida se mueve hacia uno de los polos.

Durante la telofase II, los microtúbulos del huso desaparecen y se forma una envoltura nuclear alrededor de cada conjunto de cromosomas (Fig. 6.6.I-6.8.E).

Ahora hay cuatro núcleos en total, cada uno contiene un número haploide de cromosomas. Entonces ocurre una citocinesis del mismo modo que ocurre luego de la mitosis (Fig. 6.6.J-6.8.F). En algunas células, como en la mayoría de las leguminosas, la citocinesis ocurre sólo al final de la meiosis II. Así, a partir de una célula madre diploide, se obtienen cuatro células hijas haploides. De esta forma, el número diploide se reduce a número haploide.

Los productos de la meiosis son genéticamente diversos por dos razones. En primer lugar, la sinapsis durante la profase I permite que el cromosoma materno interactúe con el paterno; luego del entrecruzamiento, las cromátidas recombinantes contienen parte del material genético del otro cromosoma. En segundo lugar, los cromosomas homólogos se distribuyen al azar entre las cuatro células hijas haploides, ya que depende exclusivamente del azar el que uno de los gametos contenga un cromosoma procedente de la madre o el homólogo que derivó de su padre. Cuanto mayor sea el número cromosómico de la especie, mayor será el potencial para la diversidad genética.

Diferencias entre mitosis y meiosis (Tabla 6.1)

En primer lugar, la mitosis puede ocurrir en células somáticas haploides o diploides, mientras que la meiosis ocurre solamente en células germinales diploides o poliploides.

En segundo lugar, durante la profase I de meiosis, se produce el apareamiento de homólogos, seguido de alineamiento de pares de homólogos en el plano ecuatorial en metafase I y de la separación de homólogos en anafase I. Estos sucesos, que no se producen en mitosis, constituyen la clave de la reducción del número cromosómico.

En tercer lugar, durante la meiosis, cada núcleo diploide se divide dos veces produciendo un total de cuatro núcleos. Sin embargo, los cromosomas se duplican sólo una vez antes de la primera división. Por lo tanto, cada núcleo contiene la mitad del número cromosómico presente en el núcleo original. Por el contrario, en mitosis se duplican los cromosomas y luego se dividen sólo una vez. Por lo tanto, el número cromosómico se mantiene invariable.

Por último, como consecuencia del fenómeno de entrecruzamiento y segregación al azar de los cromosomas homólogos, durante la meiosis se recombina el material genético de los progenitores, fenómeno que no ocurre en mitosis.

Reproducción celular en células procarióticas

En células procarióticas, la distribución de la información hereditaria duplicada es relativamente simple en comparación con células eucarióticas. El material genético de organismos procariontes (bacterias y micoplasmas) se encuentra en una sola molécula larga y circular de ADN. Esta molécula constituye el cromosoma de la célula y se duplica antes de la división celular. Cada uno de los cromosomas hijos se an-

Características	Mitosis	Meiosis
Células susceptibles de sufrir la división	Células somáticas haploides o diploides	Células germinales diploides o poliploides
Número de divisiones	Una	Dos
Duración	Corta	Larga
Apareamiento de cromosomas homólogos	No	Sí
Recombinación de material genético de los progenitores	No	Sí
Anafase	Separación de cromátidas hermanas	Separación de cromosomas homólogos (anafase I) y separación de cromátidas hermanas (anafase II)
Resultado de la división	Dos células hijas con igual número de cromosomas y genéticamente idénticas a la célula madre	Cuatro células hijas con la mitad del número de cromosomas y genéticamente diferentes a la célula madre

Tabla 6.1
Diferencias entre mitosis y meiosis

cla a la membrana celular, de modo que cuando la célula se alarga los cromosomas se separan. Cuando la célula alcanza aproximadamente el doble de su tamaño original y los cromosomas están separados, la membrana celular se invagina y se forma una nueva pared, que separa las dos células nuevas y a sus cromosomas duplicados. Este tipo de división es conocido como fisión binaria.

Actividades

1. Realice un cuadro con todas las partes del núcleo.

2. Distinga entre los siguientes términos: núcleo/nucléolo; envoltura nuclear/nucleoplasma.

3. ¿Cuáles son los períodos por los que pasan las células eucarióticas a lo largo de su vida?

4. ¿En qué momento se produce la duplicación del ADN?

5. Compare las cromátidas y los cromosomas. ¿En qué fases de mitosis y meiosis se encuentran cromátidas?

6. Distinga entre los siguientes términos: ciclo celular/división celular; centríolo/centrómero/cinetocoro.

7. Defina el concepto de cromosoma y dibuje uno submetacéntrico.

8. ¿Por qué nos referimos habitualmente a las cromátidas como cromátidas hermanas? ¿Cuándo se forman las cromátidas hermanas?

9. ¿Son visibles los cromosomas durante la interfase? Justifique.

10. Determine si los siguientes enunciados son verdaderos o falsos:

   a. El ADN es el portador de información genética en todos los organismos procariontes.

   b. Los cromosomas mitóticos representan la forma más condensada de cromatina.

   c. La totalidad de la cromatina se encuentra en el nucléolo.

   d. Los ribosomas se encuentran en el nucléolo.

   e. El número de nucléolos observables es igual al número de cromosomas organizadores nucleolares.

11. Nombre las fases de la mitosis donde los cromosomas son más visibles para su estudio.

12. Compare la mitosis en animales y vegetales.

13. Compare anafase I y II de la meiosis y anafase de mitosis.

14. ¿Qué sucedería con el número cromosómico si no existiera la meiosis en las células sexuales?

15. ¿Cuáles son los procesos esenciales de la meiosis? Explique.

16. La planta de papa tiene 24 pares de cromosomas. ¿Cuál es el número de:

   a. cromátidas en una célula en la profase de mitosis?

   b. cromosomas en una célula en la anafase de mitosis?

   c. cromosomas en una célula en la metafase I de la meiosis?

   d. cromátidas en una célula en la profase II de la meiosis?

17. Distinga entre los siguientes términos: haploide/diploide; gameta/cigoto; homólogo/tétrada.

18. Ninguno de nosotros es exactamente igual a su padre ni a su madre. ¿Por qué?

19. Realice un cuadro comparativo entre mitosis y meiosis.

20. El cariotipo humano tiene 46 cromosomas (44 + XX en la mujer y 44 + XY en el hombre). Indique el resultado si estas células sufren mitosis y meiosis.

Capítulo 7

Ecos del pasado, memoria presente, ¿futuro imperfecto?

Por César Omar Nuñez

Lo que ocurra con la tierra recaerá sobre los hijos de la tierra. La humanidad no tejió la red de la vida; simplemente somos unos de sus hilos. Todo lo que le hagamos a la red, nos lo haremos a nosotros mismos. (Adaptado de la carta del Jefe Seattle al presidente de los Estados Unidos)[1]

Introducción

El paisaje predominante que rodeaba a nuestra región (circundante a nuestra Universidad y ciudad) era el de una llanura plana a suavemente ondulada, ocupada antes de la llegada de los colonizadores por bosques bajos con árboles espinosos y de hojas caedizas, y pastizales, éstos últimos especialmente desarrollados sobre suelos profundos muy aptos para la agricultura.

El bosque presentaba árboles de 12 a 15 m de altura, provistos de espinas, dominado por los algarrobos (blancos o negros) y caldenes, acompañaban a estas especies otras leñosas tales como: el espinillo (de flores amarillas muy fragantes), el chañar (de corteza medicinal y frutos para elaborar arrope), el moradillo, el peje y el tala, etc. (Fig. 7.1).

Se trataba de un bosque abierto, donde se podía transitar libremente. A los árboles se integraban armónicamente numerosas hierbas y arbustos, los que al llegar el invierno dejaban caer sus hojas para constituir una gran cantidad de mantillo en el suelo. Esto permitía la absorción y almacenamiento de gran cantidad de agua de lluvia, evitando de este modo la erosión del suelo y las sequías temporarias.

Los algarrobos fueron muy adorados por los indígenas dado que el follaje les proporcionaba sombra, sus frutos alimento, la madera calor, la corteza colorante para sus tejidos, las hojas y la corteza sustancias para curtir cueros y como si fuera poco sus raíces enriquecían el suelo con nitrógeno. ¿Será por eso que fueron los primeros en ser extraídos para la industria, mientras que el resto de los árboles con menor calidad de madera fueron a parar como combustible de las locomotoras a vapor o como sustituto del carbón mineral?

Entre los arbustos hay que destacar el piquillín, de frutos comestibles, los ornamentales como la lagaña de perro, apreciada por el color de sus flores amarillas con grandes estambres rojos, y el peine de mono, por sus grandes flores blancas en forma de trompeta, los medicinales y aromáticos como el usillo, el pico de loro, las lantanas, el quiebra arado, la carquejilla, el poleo, y la pasionaria.



Figura 7.1
Lagunas rodeada de especies leñosas entre las que se destacan: Caldenes, Chañares, Moradillos y Talas.

Entre las hierbas más abundantes eran la marcela, la carqueja, la hierba del venado, la hierba del pollo, el paico, la cola de caballo, el vira vira, (todas de gran valor medicinal en la actualidad), la margarita punzó de hermosas flores rojas, la verbena (con flores azules) y la chinita del campo (de flores rojas y rosadas con una consistencia como si fueran de papel).

Los pastizales estaban integrados especialmente por gramíneas llamadas flechillas, por la forma de sus frutos, los que se adherían a la ropa y a los cueros para diseminarse, el preciado pasto de vaca, la poa, la templaderilla, las saetillas, nombre dado por la forma de sus frutos en forma de saeta (Fig. 7.2).



Figura 7.2
Pastizan dominado por especies halófitas: Pelo de chancho y Pasto rueda, en lo lugares más elevados, isletas de Chañar.

La gran diversidad de especies vegetales proveyó de alimento y refugio a una gran cantidad de animales y aves que crecían y se reproducían en esos bosques y pastizales, en donde los aborígenes buscaban su alimento y abrigo.

Entre los animales se destacaban el puma (el predador más grande), el zorro gris, el zorrino, el gato montés, la vizcacha, el hurón, la comadreja, el cuis, el quirquincho, y la mulita.

Entre los reptiles, la iguana o lagarto overo, la lagartija común, la yarará, la culebra, el sapo y la rana.

Las aves más abundantes que transitaban por el monte y los pastizales eran el ñandú, la montaraza, la martineta, la perdiz, el tero,

la lechuza pampa, todos dotados de un plumaje que les permitían pasar muy desapercibidas para el hombre y para sus enemigos naturales tales como el aguilucho común y el halconcito gris.

Por el colorido de su plumaje se destacaban el loro barranquero, la monjita blanca, el carpintero campestre, el carpintero negro, el verdón o semillero, el naranjero o siete colores, el jilguero y el cabecita negra. Por su canto, merecen mencionarse a la reina mora, el zorzal, la calandria, el chingolo, y la hurraca o pirincho. Por su singularidad se destacaban la tijereta y el hornero.

En las aguas de ríos y arroyos vivían la palometa, la mojarra, el orillero, el limpiafondos, el bagre, entre otros.

La buena aptitud agrícola que presentan estas tierras fue lo que llevó a reemplazar la vegetación natural por extensos cultivos forrajeros, oleaginosos o de granos. La posibilidad de extraer el bosque y realizar cultivos permitió el desarrollo de una colonia agrícola-ganadera que en la actualidad son la base de la economía regional.

Fue así como el bosque y los pastizales que en el siglo XIX ocupaban casi el 50% de la superficie del sur de Córdoba, hoy prácticamente han desaparecido.

En estos últimos 150 años, hemos eliminado de la superficie del suelo los árboles y los pastos y con ellos se han ido los animales silvestres y las aves. De a poco los hemos ido acorralando hacia los sectores de las sierras y a lo largo de las adyacencias de ríos y arroyos.

Por estas razones es muy difícil rastrear las huellas que nos permitan reconstruir la vegetación precolonial y la fauna asociada a nuestra región especialmente a la llanura.

De pronto surgen algunos interrogantes que queremos compartir contigo para motivarte a que vos también empieces a cuestionarte.

¿Cuáles fueron las causas que llevaron a la transformación del paisaje hasta el actual?

¿Por qué no se contempló la posibilidad de crear refugios para la flora y fauna autóctona?

¿Por qué hoy es tan difícil ver comunidades de plantas y animales autóctonos?

¿Por qué no sobrevivieron aquellas plantas y animales?

¿Qué fue lo que cambió y en cuánto? ¿Cuál era la idea que se tenía de la naturaleza?

¿Cuáles han sido las causas y consecuencias del reemplazo de la flora y la fauna por monocultivos?

¿Se sabía qué eran y cómo funcionaban los ecosistemas?

¿Existía una visión global de que muchos de estos procesos de reemplazo de las áreas naturales por cultivos estaban sucediendo simultáneamente a lo largo y a lo ancho del planeta?

¿Cuáles serían los impactos ambientales que podrían surgir de la acción del hombre sobre la naturaleza o solo se pensó en los beneficios?

Muchos ecólogos desde hace tiempo se vienen planteando estos interrogantes quizás es el momento que comiences a pensar en ellos.

¿Qué estudian los Ecólogos? Unidad de estudio de la Ecología

El ecosistema es la unidad de trabajo, estudio e investigación de la Ecología. Es un sistema complejo en el que interactúan los seres vivos entre sí y con el conjunto de factores no vivos que forman el ambiente: temperatura, sustancias químicas presentes, clima, características geológicas, etc.

La ecología estudia a la naturaleza como un gran conjunto en el que las condiciones físicas y los seres vivos interactúan entre sí en un complejo entramado de relaciones.

En ocasiones el estudio ecológico se centra en un campo de trabajo muy local y específico, pero en otros casos se interesa por cuestiones muy generales. Un ecólogo puede estar estudiando cómo afectan las condiciones de luz y temperatura a los caldenes, mientras otro estudia cómo fluye la energía en la selva misionera; pero lo específico de la ecología es que siempre estudia las relaciones entre los organismos y de éstos con el medio no vivo, es decir, el ecosistema.

Ejemplos de ecosistemas. La ecósfera en su conjunto es el ecosistema mayor. Abarca todo el planeta y reúne a todos los seres vivos en sus relaciones con el ambiente no vivo de toda la Tierra. Pero dentro de este gran sistema hay subsistemas que son ecosistemas más delimitados.

Así, por ejemplo, el océano, un lago, un bosque, o incluso un árbol o una manzana que se esté pudriendo son ecosistemas que poseen patrones de funcionamiento en los que podemos encontrar paralelismos fundamentales que nos permiten agruparlos en el concepto de ecosistema.

Debemos tener siempre presente que la parte biótica incluye a la especie humana, que es la principal especie que con su accionar transformó, transforma y seguirá transformando el ecosistema.

Es importante advertir de que en los diferentes textos de Ecología encontraremos variadas definiciones según los ecólogos enfatizan en el

estudio de las poblaciones y comunidades o el estudio de la abundancia y distribución de los organismos.

Como la ecología es una ciencia de escalas, podemos ejemplificarla con tres tipos de escalas:

Escala espacial

Nivel celular. Síntesis de pigmentos en situaciones de luz diferentes.

Nivel organismo: diferencias haz/envés de las hojas. Diferencias en la morfología del pico de distintas especies de aves emparentadas.

Nivel de población: diferencias en los parámetros poblacionales entre sexos y edades, en el comportamiento (ej. dieta, territorialidad, reproducción).

Nivel de comunidad o sistema (los más frecuentes): un bosque, un lago, un cultivo, etc.

Nivel planetario (el planeta como ecosistema global): efecto invernadero, agujero de la capa de ozono.

Escala temporal

Breve (segundos, minutos): respuesta al riego, a la contaminación, a la depredación, al fuego, etc.

Estudio experimental: 1-5 años a pocas décadas.

Miles (millones) de años: Paleoecología, estudio de efectos a escala temporal grande, por cambios en la concentración CO_2, en la temperatura, etc. Estudios indirectos por los tapices microbianos.

Escala biológica tradicional (niveles de organización)

Genes: Competencia entre genes en términos de supervivencia diferencial. Distribución de ciertos marcadores genéticos.

Organismos individuales: cómo afecta el medio a un individuo y viceversa. También, organismos procariontes.

Poblaciones: Conjunto de individuos de la misma especie que pueden, potencialmente, reproducirse entre sí: coexisten en espacio y tiempo. Tienen propiedades colectivas (límites geográficos, densidad, parámetros, distribución espacial, etc.).

Comunidades: Conjunto de poblaciones de distintas especies que se relacionan entre sí. Eje de estudio: interacciones entre poblaciones

(depredación, competencia, mutualismo).

Ecosistema: Resultado de la suma de sus componentes (organismos y ambientes) y las relaciones entre los mismos, que funcionan como un todo.

Biósfera: Ecosistema planetario, los organismos de la biósfera no sólo se adaptan al ambiente, sino que interactúan con él, modificando y controlando sus propiedades físicas y químicas.

¿En qué nivel estás? Niveles de organización en la naturaleza

Durante 250 años los científicos han estudiado la naturaleza, sobre todo examinando niveles cada vez más bajos de organización de la materia. Este enfoque se llama Reduccionismo.

Está basado en la creencia de que si podemos comprender las partículas subatómicas, podemos ascender por la escalera de los niveles de organización inferiores a los átomos, luego a las moléculas, y sucesivamente hasta los organismos, las comunidades, los ecosistemas, la ecosfera y finalmente, el universo.

Se pretende explicar las propiedades de los niveles jerárquicos superiores a partir del conocimiento de las propiedades de sus elementos constituyentes. De allí el planteo de que el todo no es más que la suma de las partes.

El enfoque Reduccionista ha sido útil para aprender mucho acerca de la naturaleza, pero en las últimas décadas se ha aprendido que tiene un defecto básico. Cada nivel de organización de la materia tiene propiedades que no se pueden predecir o entender sólo por comprensión de los niveles inferiores que integran su estructura. Incluso si se aprende lo que hay que saber acerca de un árbol, se sabrá sólo una pequeña parte de cómo funciona un bosque.

El enfoque Holista centra el punto de vista en el conjunto. Los atributos del nivel superior no son explicados conociendo los niveles inmediatamente inferiores. Se basa en el concepto de emergencia, sostiene que el todo es más que la suma de las partes.

La ciencia de la ecología ha mostrado la necesidad de combinar el reduccionismo con el holismo, un intento para describir todas las propiedades de un nivel de organización, y no únicamente las basadas en los niveles inferiores de organización que constituyen su estructura subyacente.

En la actualidad, la ecología está centrando sus estudios en los niveles superiores al de los organismos, poblaciones y comunidades por la trascendencia de los problemas ambientales.

El concepto de ecosistema aún es más amplio que el de comunidad porque un ecosistema incluye, además de las comunidades, el ambiente no vivo, con todas las características de clima, temperatura, sustancias químicas presentes, condiciones geológicas, etc. El ecosistema estudia las relaciones que mantienen entre sí los seres vivos que componen la comunidad, pero también las relaciones con los factores no vivos.

La ecología es una ciencia holística que utiliza e integra los conocimientos de física, química, biología, geología, ingeniería, tecnología de los recursos, demografía (el estudio de la dinámica poblacional), economía, política y ética.

Su base es el Sistema, el cual se define como un todo integrado, cuyas propiedades esenciales surgen de las relaciones entre sus partes. Las propiedades del todo son destruidas cuando el sistema es dividido en elementos aislados. Es por ello que nos centraremos en el ecosistema.

El ecosistema

El ecosistema es un conjunto de componentes bióticos (o integrantes vivos como los vegetales y los animales) y abióticos (componentes que carecen de vida, como por ejemplo los minerales y el agua), que interactúan utilizando y transformando la materia y la energía disponible en el ambiente.

Sus límites no son estrictamente naturales sino que los determina el investigador en función de la escala de estudio. La extensión de un ecosistema es siempre relativa: no constituye una unidad funcional indivisible y única, sino que es posible subdividirlo en unidades de menor tamaño.

Por ejemplo, el ecosistema bosque incluye, a su vez, otros ecosistemas más específicos como el que constituyen las copas de los árboles, un tronco caído, una hoja descomponiéndose.

Si consideramos al ecosistema como un modelo de caja negra veremos que dentro de dicha caja ocurren dos procesos básicos de funcionamiento:

a. Un flujo de energía que se transforma,

b. Reutilización de los materiales que se han formado en el proceso de transformación.

Los procesos que operan en los ecosistemas se dan de manera simultánea y en diferentes escalas espaciales y temporales, por ejemplo:

- Procesos bioquímicos: Fotosíntesis, Respiración.
- Procesos ecológicos: Circulación de los minerales, Sucesión
- Procesos internos de regulación, ciclos reproductivos, asignación denrecursos, etc.

Los Agroecosistemas son ecosistemas modificados por las actividades del hombre con el objetivo de obtener el máximo de energía hacia la población de interés agrícola (ej. cultivo, ganado, etc.).

Por otro lado, los (eco y agroeco) sistemas poseen básicamente dos procesos:

a. Recepción y procesamiento de las entradas,
b. Obtención de salidas.

Dichos procesos involucran la transferencia de energía y materia que ocurren en ambos ecosistemas (naturales y agroecosistemas). En estos últimos, lo que varía es el grado de artificialización, la importancia relativa de cada proceso y el control humano.

¿Donde vives y a qué te dedicas? Hábitat y nicho ecológico

Existen dos conceptos que están ligados con el de ecosistema, ellos son: hábitat y nicho ecológico.

El hábitat es el lugar físico de un ecosistema que reúne las condiciones naturales para la vida y adaptación de una especie. El nicho ecológico está definido por las relaciones que mantiene una especie con los factores bióticos y abióticos de su ambiente. Ésto involucra las condiciones físicas, químicas y biológicas que una especie necesita para vivir y reproducirse en el ecosistema.

La temperatura, la humedad y la luz son algunos de los factores físicos y químicos que determinan el nicho de una especie. Entre las restricciones biológicas están el tipo de alimentación, los depredadores, los competidores y las enfermedades.

El ecosistema, una unidad ¿dinámica o estática?

El ecosistema no es un sistema estático sino que continuamente experimenta modificaciones que, dependiendo de la escala de observación, se visualizan o no. A veces son temporarias y otras, cíclicas (se repiten en el tiempo).

Los elementos bióticos pueden reaccionar ante un cambio de las condiciones físicas del medio; por ejemplo, la deforestación de un bosque o un incendio tienen consecuencias directas sobre la fauna, ya sea destruyendo sus refugios o la disponibilidad temporaria de alimento de origen vegetal.

La sucesión ecológica es un ejemplo del comportamiento dinámico del ecosistema en el tiempo. Es el reemplazo de algunos elementos del ecosistema por otros en el transcurso del tiempo. Así, un área determinada es colonizada por especies vegetales cada vez más complejas. Si el medio lo permite, la aparición de musgos y líquenes es sucedida por pastos, luego por arbustos y finalmente por árboles.

En otras palabras, es una serie continua de cambios que va sufriendo un ecosistema a lo largo de su historia. Manifiesta la tendencia a la autoorganización que tiene todo ecosistema y que es tan fuerte que acaba imponiéndose sobre los cambios fortuitos.

El estado de equilibrio, alcanzado una vez que se ha completado la evolución, se denomina clímax. En él, las modificaciones se dan entre los integrantes de una misma especie: por ejemplo, los árboles nuevos reemplazan a los viejos.

Hay dos tipos de sucesiones: primaria y secundaria. La primera ocurre cuando se parte de un terreno en donde nunca hubo vida (roca madre). Este tipo de proceso puede durar miles de años. La sucesión secundaria es la que se registra luego de un disturbio, por ejemplo, un incendio o los procesos que va experimentando una tierra cultivada abandonada. En este caso el ambiente contiene nutrientes, restos orgánicos y diásporas que facilitan el crecimiento de los vegetales.

En la sucesión existen patrones regulares que se pueden entender estudiando los procesos que conllevan a esta expresión. Primero colonizan el lugar las especies vegetales oportunistas, de gran facilidad de dispersión y rápida multiplicación; después, van apareciendo las especies de crecimiento más lento pero más resistentes y organizadoras.

A medida que la sucesión va avanzando aumenta la biomasa total y principalmente las porciones menos «vivas» (madera de los árboles).

También aumenta, en menor medida, la producción primaria y disminuye la relación entre la producción primaria y la biomasa total (es decir, se retarda la tasa de renovación del conjunto del ecosistema).

El trayecto de la energía desde el lugar de producción primaria hasta el final de las cadenas alimentarias se alarga y se hace más lento y, sobre todo, más constante y regular. Por ejemplo, aumenta el número de niveles tróficos.

Aumenta la diversidad, originándose una estructura más compleja (redes tróficas mayores y más complicadas), y aumentan las relaciones de parasitismo, comensalismo, etc., entre especies.

El proceso de sucesión no sigue indefinidamente. Conforme la biomasa va aumentando en el ecosistema, la respiración va también aumentando y llega un momento en el que se igualan la respiración y la producción. Éste es el límite de madurez del ecosistema. A partir de aquí se detiene el proceso de sucesión ecológica.

Se llama clímax al ecosistema que se forma al final de la sucesión. Raramente se llega a la comunidad clímax, pues existen muchas causas de retroceso en el proceso de sucesión como incendios, cambios climáticos, inundaciones, sequías, etc. y, a mayores escalas temporales, glaciaciones, volcanes, deriva de las placas, etc.

El clímax es, en algunos casos, un ecosistema que no tiene una madurez muy grande, o no tiene la máxima madurez (ej.: plancton, ecosistemas de aguas corrientes o dunas, etc.). El hecho de que la madurez no aumente más allá de cierto límite suele deberse a que el exceso de producción se exporta (o explota): ríos, pendientes fuertes, sedimentación de parte del plancton, explotación humana, etc.

Hay ecosistemas que en sus etapas finales se autodestruyen, por ejemplo, las zonas de turberas cuyo pH se hace muy ácido. También en los lagos se va produciendo senescencia y acaban desapareciendo.

La red de la vida ¿Podrá contenernos?

En el funcionamiento de los ecosistemas naturales no se producen desperdicios como ocurre en los ecosistemas urbanos (ej. acumulación

de basura): todos los organismos, muertos o vivos, son fuente potencial de alimento para otros seres. Un insecto se alimenta de una hoja; un ave come el insecto y es a la vez devorada por un ave rapaz. Al morir estos organismos son consumidos por los descomponedores que los transforman en sustancias inorgánicas.

Esa compleja trama de relaciones entre los distintos individuos de un ecosistema constituyen la cadena alimentaria.

Los productores o autótrofos son los organismos vivos que elaboran su propio alimento orgánico, es decir los vegetales que realizan fotosíntesis. Por medio de este proceso vital, que pone en funcionamiento el ecosistema, las sustancias minerales se transforman en compuestos orgánicos, aprovechables por todas las otras formas de vida.

Los consumidores o heterótrofos son organismos que no pueden sintetizar compuestos orgánicos y, por esa razón, necesariamente se tienen que alimentar de otros seres vivos. Según los tipos de nutrientes que necesitan consumir y la posición que ocupan dentro de la cadena trófica, se clasifican en tres grupos: consumidores primarios o herbívoros, secundarios o carnívoros y descomponedores.

Los herbívoros se alimentan directamente de vegetales. Los consumidores secundarios o carnívoros aprovechan la materia orgánica producida por su presa. Entre los consumidores terciarios o supercarnívoros se hallan los necrófagos o carroñeros, que se alimentan de cadáveres.

Los descomponedores son esencialmente las bacterias y hongos que consumen los últimos restos orgánicos de productores y consumidores muertos. Su función es vital, pues convierten la materia muerta en moléculas inorgánicas simples. Ese material será absorbido otra vez por los productores, y reciclado en la producción de materia orgánica. De esa forma se reanuda el ciclo cerrado de la materia, estrechamente vinculado con el flujo de energía.

Esta organización de los ecosistemas es válida para todos los ambientes. Dependiendo de los lugares, existen ecosistemas con mayor diversidad biológica que otros. La mayor riqueza biológica y variabilidad, ofrece más cantidad de hábitats y nichos ecológicos.

Es necesario entender que la vida humana se desarrolla en estrecha relación con la naturaleza y que nuestro comportamiento nos afecta

irremediablemente. Nuestros avances tecnológicos han permitido mejorar nuestra calidad de vida pero de ninguna manera nos permitirán manejar el funcionamiento del ecosistema planetario. De allí que es imposible vivir al margen del resto de la biósfera.

La ruta del Carbono: dadme sol, agua, nutrientes y un pigmento y te daré alimentos

Los elementos químicos que forman los seres vivos (oxígeno, carbono, hidrógeno, nitrógeno, azufre y fósforo, etc.) van pasando de unos niveles tróficos a otros. Las plantas los recogen del suelo o de la atmósfera y los convierten en moléculas orgánicas (glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos).

En cambio, los animales los toman de las plantas o de otros animales, después los van devolviendo a la tierra, la atmósfera o las aguas por la respiración, las heces o cuando mueren a través de la descomposición de sus cadáveres. De esta forma encontramos en todo ecosistema los ciclos del oxígeno, el carbono, hidrógeno, nitrógeno, etc. cuyo estudio es esencial para conocer su funcionamiento y que abordaremos al final de este capítulo.

El ecosistema se mantiene en funcionamiento gracias al flujo de energía que va pasando de un nivel al siguiente. La energía fluye a través de la cadena alimentaria sólo en una dirección: va siempre desde el sol, a través de los productores a los descomponedores.

La energía entra en el ecosistema en forma de energía luminosa y sale en forma de energía calórica que ya no puede reutilizarse para mantener otro ecosistema en funcionamiento. Por ésto no es posible un ciclo de la energía similar al de los elementos químicos.

Los productores primarios son los organismos que hacen entrar la energía en los ecosistemas. Son el primer eslabón de la cadena alimentaria. Los principales productores primarios son las plantas verdes terrestres y acuáticas, incluidas las algas, y algunas cianobacterias. Forman el 99,9% del peso de los seres vivos de la biósfera.

La fotosíntesis es el proceso por el que se capta la energía luminosa que procede del sol y se convierte en energía química. Con esta energía el CO2, el agua y los nitratos que las plantas absorben, reaccionan sintetizando las moléculas de carbohidratos (glucosa, almidón, celulosa, lignina, etc.), lípidos (aceites, vitaminas, etc.), proteínas y ácidos nucleicos (ADN y ARN) que forman las estructuras vivas de la planta.

Las plantas pueden realizar su ciclo de vida gracias al proceso de la fotosíntesis, pero realizan el proceso inverso (respiración) en los

períodos en los que no pueden obtener energía por fotosíntesis, ya sea porque no hay luz o porque tienen que mantener los estomas cerrados para no deshidratarse.

En cambio, en la respiración se oxidan las moléculas orgánicas (sintetizadas por el proceso de la fotosíntesis) con el oxígeno del aire para obtener la energía necesaria para los procesos vitales. En este proceso se consume O2 y se desprende CO2 y agua, contrariamente a lo que ocurre en el proceso de fotosíntesis que toma CO2 y agua desprendiendo O2.

La fotosíntesis se produce en los cloroplastos y su reacción global es:

$$6\ CO_2 + 6\ H_2O + \text{Energía luminosa} = C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$$

La energía luminosa proveniente del sol es captada por la clorofila de las células de las plantas y utilizada para regenerar moléculas de ATP y NADPH (Fase luminosa). En una segunda fase, la energía química contenida en el ATP y el NADPH es utilizada para reducir moléculas de CO2 hasta gliceraldehído, molécula precursora de otras sustancias orgánicas, principalmente glucosa. Con la glucosa se forma almidón, celulosa y otros carbohidratos esenciales en la constitución de las plantas.

La respiración se realiza en las mitocondrias con una reacción global:

$$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 = 6\ CO_2 + 6\ H_2O + \text{Energía}$$

La energía desprendida en esta reacción queda almacenada en ATP y NADH que la célula puede utilizar para cualquier proceso en el que necesite energía.

Cuando se habla de producción de un ecosistema se hace referencia a la cantidad de energía que ese ecosistema es capaz de aprovechar. Una pradera húmeda y templada, por ejemplo, es capaz de convertir más energía luminosa en biomasa que un desierto y, por lo tanto, su producción es mayor.

La producción primaria bruta de un ecosistema es la energía total fijada por fotosíntesis por las plantas. La producción primaria neta es la energía fijada por fotosíntesis menos la energía empleada en la respiración, es decir la producción primaria bruta menos la respiración.

Cuando la producción primaria neta es positiva, la biomasa de las plantas del ecosistema o de un agroecosistema va aumentando.

Es lo que sucede, por ejemplo, en un bosque joven en el que los árboles van creciendo y aumentando su número. También es asimilable a un cultivo. Cuando el bosque ha envejecido, sigue haciendo fotosíntesis pero toda la energía que recoge la emplea en la respiración, la producción neta se hace cero y la masa de vegetales del bosque ya no aumenta.

En el concepto de eficiencia, no interesa sólo la cantidad total de energía asimilada por el ecosistema en energía química sino qué proporción es del total de energía luminosa que le llega al ecosistema

Llamamos eficiencia de la producción primaria al cociente entre la energía fijada por la producción primaria y la energía de la luz solar que llega a ese ecosistema.

El proceso de fotosíntesis podría llegar a tener una eficiencia en condiciones óptimas del 1% de la energía que llega a las plantas, o lo que es lo mismo del 0,2% de la energía total que llega a la parte alta de la atmósfera.

Los productores secundarios son todo el conjunto de animales y detritívoros que se alimentan de los organismos fotosintéticos, es decir del segundo eslabón de la cadena alimentaria hacia abajo.

Los herbívoros se alimentan directamente de las plantas, pero los diferentes niveles de carnívoros y los detritívoros también reciben la energía indirectamente de las plantas, a través de la cadena trófica.

Los animales obtienen la energía para su metabolismo de la oxidación de los alimentos (respiración), pero no todo lo que comen acaba siendo oxidado. Parte se desecha en las heces o en la orina, parte se difunde en forma de calor, etc. La repartición de energía en un animal es:

Ejemplo: un ratón que se alimenta de las semillas de Araucaria, que son la energía bruta que introduce en su sistema digestivo, deja como residuos todo el resto de los piñones (energía no utilizada). De las semillas que ha comido parte se elimina en las heces y sólo los nutrientes digeribles pasan a la sangre para ser distribuidos entre las células.

De esta energía, parte se elimina en la orina y sólo el resto se utiliza para el metabolismo. Parte de la energía metabólica se emplea para mantener su organismo vivo y activo y parte (producción secundaria neta) para crecer o reproducirse.

La mayor parte de la energía absorbida se utiliza en el mantenimiento o se pierde a través de las heces. Sólo una pequeña parte se convierte

en producción secundaria (aumento de peso del animal o nuevas crías). Sólo una fracción insignificante de la energía puesta en juego en la biósfera circula por las estructuras más complejas de la vida, las de los animales superiores. Es decir, a medida que nos alejamos del productor en la cadena trófica menos eficientes somos en la utilización de la energía.

Dentro del grupo de los productores secundarios, además de los animales grandes y longevos, está el grupo de los descomponedores, formado en su mayoría por los hongos y las bacterias.

Son muy pequeños, y están en todas partes, con poblaciones muy fluctuantes acorde con las condiciones ambientales y la disponibilidad de alimento. En este tramo de la cadena trófica es poco el aprovechamiento de la energía.

Pero la función de los descomponedores es vital para cerrar el círculo de la materia y la energía, ya que asimilan los restos de la red trófica (hojas secas en descomposición, restos de cadáveres, etc.). Ellos hacen posible el retorno de los elementos que utilizaron los autótrofos (plantas verdes) para volver a ser reutilizados.

Todos los seres vivos estamos formados por elementos químicos, esencialmente oxígeno, hidrógeno, carbono y nitrógeno que, en conjunto, componen más del 95% del peso de los seres vivos. El resto es fósforo, azufre, calcio, potasio, y otros elementos presentes en cantidades muy pequeñas, pero muy importantes para el metabolismo.

Estos elementos también se encuentran en la naturaleza no viva, acumulados en el aire o en depósitos en la tierra. Así, en la atmósfera hay O2, N2 y CO2. En el suelo H2O, nitratos, fosfatos y otras sales. En las rocas fosfatos, carbonatos, etc.

Ejemplo: el N es absorbido del suelo por las raíces de las plantas en forma de nitrato; al ser metabolizado se convierte en proteínas y ácidos nucleicos; los animales tienen el nitrógeno en forma de proteínas y ácidos nucleicos, pero lo eliminan en forma de amoníaco, urea o ácido úrico en la orina.

El ciclo lo cierran bacterias del suelo que oxidan el amoníaco transformándolo en nitratos. A su vez, por otros procesos, el nitrógeno puede ser tomado del aire por algunas bacterias que lo acaban dejando en forma de nitratos o también otras bacterias lo pueden convertir a N2 gaseoso y lo devuelven a la atmósfera.

Los ciclos de los elementos mantienen una estrecha relación con el flujo de energía en el ecosistema, ya que la energía utilizable por los

organismos es la que se encuentra en enlaces químicos que unen los elementos para formar las moléculas.

Actividades

1. Defina ecología con sus propias palabras.
2. Explique brevemente ciclo biogeoquímico y cite ejemplos.
3. En un lote de soja, enumere los componentes bióticos y abióticos del sistema.
4. Explique brevemente el rol de la fotosíntesis y la respiración aeróbica en un ecosistema.
5. Defina cadena alimentaria. Cite un ejemplo.
6. Explique las ventajas y desventajas de intervenir un ecosistema natural para pasarlo a uno artificial.

Capítulo 8

La noria de la producción: acción del hombre sobre el ecosistema

Por Andrea Amuchástegui

«Los métodos y objetivos de producción de esta sociedad ejercen una profunda influencia sobre la manera en que las personas se ven a sí mismas y a la naturaleza»
(Broswimmer, 2005. Ecocidio)

Introducción

A lo largo de la historia y a medida que aumenta la población humana es más frecuente escuchar la palabra crisis[1]. ¿Tenemos conciencia de que estamos atravesando una crisis ambiental planetaria?, o ¿sólo pensamos que son situaciones normales que se han dado y que seguramente se seguirán dando a lo largo de la historia de nuestro planeta?

¿En algún momento nos hemos detenido a pensar si la crisis ambiental podrá afectarnos y en qué medida?.

A continuación, haremos un recorrido por la historia del hombre y su acción transformadora sobre el paisaje, tratando de buscar algunas respuestas a lo que está sucediendo.

[1] (Del lat. crisis, y este del gr. κρωσις). Cambio brusco en el curso de una enfermedad, ya sea para mejorarse, ya para agravarse el paciente. Situación de

un asunto o proceso cuando está en duda la continuación, modificación o cese. Momento decisivo de un negocio grave y de consecuencias importantes. (Diccionario de la Real Academia Española)

La actividad del hombre sobre la tierra ha sido tan notable, especialmente en el último siglo, que se puede afirmar que no existe algún ecosistema que no esté afectado por su actividad. Ello no debería causar asombro, ya que en la exploración del espacio exterior primero llegó a la Luna luego al planeta Marte y, en la actualidad, está buscando otros desafíos. Parecería ser que la humanidad no tiene límites en términos de desarrollos tecnológicos.

Desde hace milenios, el hombre ha explotado y modificado la naturaleza para subsistir. Pero en los últimos decenios, además de todo lo que se conoce, ha producido un sinnúmero de sustancias químicas nuevas (cerca de 100.000 productos químicos en el siglo pasado) que se han difundido por toda la atmósfera, la hidrósfera, los suelos y la biósfera.

En la actualidad estamos liberando al medio organismos genéticamente modificados, de los cuales no sabemos qué impacto tendrán sobre el medio natural.

Todos los organismos consumidores viven de la explotación del ecosistema y la especie humana no es la excepción. De la naturaleza se obtienen los alimentos y a la naturaleza se devuelven los residuos que generamos con nuestra actividad.

La energía que empleamos la obtenemos, en su mayoría, de la combustión de reservas de compuestos de carbono (petróleo, gas, carbón) almacenados por el trabajo de los productores del ecosistema a lo largo de muchos millones de años y la llamamos energía fósil. Estas fuentes de energía no son infinitas, en algún momento se agotarán y, si queremos seguir viviendo, deberemos reemplazarlas por otras alternativas.

Hoy no se puede entender el funcionamiento de la mayor parte de los ecosistemas si no se tiene en cuenta la acción humana.

Ejemplo: el número de individuos que habitamos el planeta supera los 6.600 millones de personas y consumimos el 40% de la producción primaria terrestre, con el consecuente perjuicio de otras especies.

Desde la aparición del hombre sobre la tierra, han habido tres cambios culturales importantes: la Revolución Agrícola, que empezó hace unos 10.000 años; la Revolución Industrial, que empezó hace cerca de 278 años y la Revolución Biotecnológica que comenzó hace unos 50 años.

¿Existe una crisis ambiental o sólo es sensacionalismo? Siempre la respuesta fue la Tecnología, pero ¿Cuál fue la pregunta a lo largo de la historia? ¿Somos conscientes de lo que está pasando? ¿Dependerá de lo que queramos para nosotros y las generaciones futuras? ¿Podremos

cambiar el curso de este proceso? ¿Realmente queremos? ¿Y si quisiéramos, podríamos?

Existe algo más que la Tecnología.

Orígenes de la agricultura

Durante gran parte de la historia de nuestra especie, desde sus orígenes en África hace aproximadamente un millón de años, su impacto ambiental fue moderado, no más grande que el de otras especies de su tamaño. De África, el hombre pasó al Asia. De Asia pasó al extremo norte y oriental del continente, llegó a Indochina y a Indonesia, hasta arribar a Australia.

Hace unos 250.000 años, los grupos de hombres primitivos nómades comenzaron a construir hachas de piedra e instrumentos cortantes muy característicos. Hace aproximadamente unos 30.000 años el hombre entró a América, fundamentalmente desde el norte por el estrecho de Bering y desde el sudeste de Asia vía Australia.

La invención de herramientas de piedra y el aprendizaje del uso del fuego aumentaron la capacidad transformadora del ser humano. Hace unos 10.000 años, ciertos grupos de humanos en el Medio Oriente, Lejano Oriente y América adoptaron la agricultura como su método de obtener el sustento, produciendo cambios mayores en el medio ambiente.

Esta agricultura emergente inevitablemente estuvo asociada a la aparición de parches de tierra domesticada en una matriz de ecosistemas naturales y profundos cambios en el uso del suelo.

Cuando la especie humana adopta la agricultura, inicia un camino hacia la total transformación del paisaje natural. Podemos afirmar que el paisaje actual es la resultante de la coevolución de la humanidad y la naturaleza.

Agricultura y ganadería

Cuando se cultivan los campos, se talan los bosques o se cría ganado, se explota al resto de la naturaleza y se provoca su regresión en el sentido ecológico; es decir, el ecosistema se rejuvenece y deja de seguir el proceso de sucesión natural y cíclicamente se va renovando.

Ejemplo: un campo de cultivo con maíz, todos los años se repiten las secuencias: barbecho químico, siembra, control de malezas, cosecha.

Los ecosistemas tienden naturalmente al incremento de estructura y complejidad, disminuyendo su producción neta cuando están maduros. El hombre, por el contrario, intenta obtener el máximo rendimiento del agroecosistema, por lo que le interesa mantenerlo en etapas juveniles en las que la productividad neta es mayor.

En las producciones agrícolas y ganaderas se extraen productos de los ecosistemas explotados (forraje, carne, leche, granos) y se favorece a determinados cultivos, lo que disminuye la diversidad de especies del ecosistema original.

También se disminuye la diversidad eliminando otros competidores (malezas, plagas, enfermedades) mediante el uso de biocidas.

La producción agropecuaria también afecta el ecosistema del suelo.

Ejemplo: Al arar se invierte el pan de tierra, se mezclan las capas del suelo y se altera la estructura para liberar nutrientes que puedan usar las plantas. Por otra parte, con la cosecha no se devuelven al suelo los nutrientes contenidos en los granos, leche o carne y, si no se reponen, con el tiempo se van agotando.

En la actualidad la agricultura moderna cambia combustibles fósiles (petróleo) por alimentos, ya que hay que utilizar gran cantidad de energía para fabricar fertilizantes y pesticidas, trabajar la tierra, sembrarla, levantar la cosecha.

La dicotomía producción y conservación de la naturaleza es el punto crucial de toda la problemática ambiental. El hombre necesita producción porque gran parte de lo que consume lo tiene que obtener de la naturaleza, pero también necesita otras cosas para su bienestar como una atmósfera y clima regulados por los océanos y las masas de vegetación, agua y aire limpios, recursos estéticos y recreativos proporcionados por el paisaje, etc.

El hombre ha confiado en los sistemas naturales para limpiar y depurar sus residuos y los ha vertido a ríos, mares y vertederos terrestres sin pensar que la naturaleza puede tener límites.

La capacidad de la naturaleza para reciclar los materiales, diluir las sustancias tóxicas y limpiar el aire y el agua es muy grande, pero la actividad industrial genera tan gran variedad y cantidad de contaminación que sobrepasa la capacidad depuradora de la atmósfera.

Por otro lado, los miles de nuevos productos químicos sintetizados en los últimos decenios tienen especial interés porque, al ser muchos de ellos moléculas que no existían antes, son en ocasiones difíciles de

metabolizar y reciclar por la naturaleza o no se sabe bien qué sucede con los mismos cuando van a parar a las napas de agua, al suelo, al aire, etc.

El uso de recursos por el hombre deja a los ecosistemas sin componentes que les son imprescindibles. Así sucede cuando construimos grandes represas, desviamos cursos de agua, drenamos lagunas, pantanos, etc, o cuando se realizan urbanizaciones en las zonas del litoral para estar cerca de la playa.

La actividad humana traslada especies de un lugar a otro. A veces conscientemente y otras, sin querer al transportar mercancías o viajar de unos sitios a otros.

Muchas de estas especies son beneficiosas por su aprovechamiento alimenticio, agrícola o ganadero, como el trigo, el arroz y la soja que fueron introducidas desde Eurasia hacia América y desde América hacia otros continentes como la papa, el maíz y el poroto.

Pero algunas son muy perjudiciales porque no tienen depredadores que las controlen y se convierten en plagas (malezas, palomas, etc.). Siempre hay que tener en cuenta que la alteración del ecosistema es muy difícil de prever y sus efectos secundarios difíciles de controlar.

Alimentos agrícolas

Se calcula que en el mundo existen entre 10.000 y 80.000 especies de plantas comestibles, de las que 150 han sido cultivadas a gran escala. De éstas, sólo 29 especies suministran actualmente el 90 % de la producción alimenticia y cinco son las más importantes, las cuales han experimentado un gran mejoramiento genético (arroz, maíz, trigo, papa y soja).

Hasta hace un siglo la agricultura había ido sufriendo cambios poco a poco, pero se seguía trabajando de una forma tradicional que, en lo esencial, era muy parecida a la que se había venido empleando durante milenios. Algunas técnicas especialmente útiles, como el riego, ya se empleaban hace unos 5.000 años.

En el último siglo, y especialmente en los últimos 50 años, los adelantos en materia de tecnología, biología molecular y química, han supuesto un cambio enorme, una auténtica revolución.

¿Revolución verde?

Desde 1950, la producción agrícola ha ido aumentando continuamente a un ritmo que ha superado con creces al muy importante aumento de

la población, hasta alcanzar una producción de calorías alimenticias que serían suficientes para toda la humanidad si estuvieran bien distribuidas.

Este incremento se ha conseguido, principalmente, sin poner nuevas tierras en cultivo, sino aumentando el rendimiento por superficie, es decir consiguiendo mayor producción por cada hectárea cultivada. Es lo que se conoce como revolución verde.

El aumento de productividad se ha conseguido con la difusión de nuevas variedades de cultivo de alto rendimiento, unido a nuevas prácticas de cultivo que usan grandes cantidades de fertilizantes, pesticidas y maquinaria pesada.

Algunos de los logros más espectaculares de la revolución verde fueron el desarrollo de variedades de trigo, arroz y maíz con las que se multiplicó la cantidad de granos que se pueden obtener por hectárea. Cuando a lo largo de los años 1960 y 1970 se fueron introduciendo estas mejoras en Latinoamérica y Asia, muchos países, que hasta entonces habían sido deficitarios en la producción de alimentos, pasaron a ser exportadores.

Problemas con la revolución verde

Los beneficios generados por la Revolución Verde son indiscutibles, pero han surgido algunos problemas.

Los dos más importantes son los daños ambientales de los que trataremos con más detalle a continuación y la gran cantidad de energía que hay que emplear en este tipo de agricultura.

Para mover los tractores y otras máquinas agrícolas se necesita combustible; para construir presas, canales y sistemas de irrigación hay que gastar energía; para fabricar fertilizantes y pesticidas se emplea petróleo; para transportar y comerciar por todo el mundo con los productos agrícolas se consumen combustibles fósiles.

Se suele decir que la agricultura moderna es un gigantesco sistema de conversión de energía fósil en alimentos.

Como es fácil de entender, la agricultura actual exige fuertes inversiones de capital y un planteamiento empresarial muy alejados a los de la agricultura tradicional. De aquí surgen algunos de los principales problemas de la distribución de alimentos.

El problema del hambre es un problema de pobreza. No es que no haya capacidad de producir alimentos suficientes, sino que las personas más pobres del planeta no tienen recursos para adquirirlos.

En la agricultura tradicional, también llamada de subsistencia, la población se alimentaba de lo que se producía en la zona próxima a la que vivía. En la actualidad, el mercado es global y enormes cantidades de alimentos se exportan e importan por todo el mundo.

Para los próximos decenios se prevé que, si bien la producción agrícola aumentará más rápidamente que la población mundial, este aumento será más lento que el actual. Esta disminución refleja algunas tendencias positivas.

En muchos países la gente come hoy todo lo que desea, por lo que ya no hace falta aumentar la producción. También refleja la triste realidad de centenares de millones de personas que necesitan desesperadamente más alimentos pero que no pueden comprarlos a los precios que animarían a los agricultores a producir más.

Impactos ambientales de la agricultura moderna

La agricultura es una de las actividades humanas que más ha impactado negativamente sobre los recursos naturales.

En nuestro país, ha implicado el reemplazo de los pastizales por cultivos exóticos (alfalfa, trigo, soja, entre otros), la tala de bosques que estaban instalados sobre suelos aptos para el cultivo, realización de diques para almacenar agua, ya sea para generar energía o tener disponibilidad de agua para regar, canalizaciones para drenar pantanos, lagunas, etc.



Figura 8.2 Inundación de campos de uso agrícola y ganadero en el sur de la Provincia de Córdoba.



Figura 8.1
Erosión hídrica severa con formación de cárcavas en las proximidades del pedemonte de la Sierra de los Comechingones.

La erosión hídrica, eólica, la salinización del suelo, la contaminación por plaguicidas y fertilizantes, la deforestación o la pérdida de biodiversidad genética, son algunos de los efectos colaterales devenidos de la actividad agrícola (Fig. 8.1 y Fig. 8.2).

Remedios para evitar los daños ambientales

La producción de alimentos nos plantea una interesante contradicción. Por un lado es necesario producir alimentos en gran cantidad para nutrir bien a una población creciente, pero si el crecimiento de la producción provoca importantes daños en el ambiente, no sólo estamos destruyendo la biósfera, sino que eso repercutirá en que, en el futuro, disminuirá la capacidad de extraer alimentos de una naturaleza seriamente dañada.

Por fortuna en este momento se avizoran soluciones para enfrentarse a este dilema. El reto es conseguir que se vayan implementando a pesar de las resistencias y dificultades prácticas que todo cambio supone.

Una de ellas es la producción agropecuaria sostenible definida como aquella capaz de mantener, a través de los años, niveles aceptables de productividad biológica y económica, preservando el ambiente y los recursos naturales y satisfaciendo equitativamente las necesidades de las generaciones futuras para satisfacer las propias.

La llamada agricultura sostenible o alternativa usa procesos biológicos beneficiosos y productos químicos no dañinos para el ambiente, porque se eliminan rápidamente y no dejan residuos tóxicos.

En este tipo de práctica agrícola es importante el control integrado de plagas; el uso de microorganismos del suelo para fijar el nitrógeno atmosférico y producir así un abonado natural de los campos; la rotación y la diversidad de cultivos que ayudan a mantener la calidad del suelo, a luchar contra algunas plagas y mantener otros tipos de ecosistemas entre los campos cultivados que protegen al suelo de la erosión.

Se dice que para que se pueda llevar a cabo este modelo de agricultura deben existir por lo menos ocho condiciones: variabilidad biológica, factibilidad económica, aceptabilidad social, deseo político, respeto al ambiente, equidad dentro de cada generación y entre generaciones, disponibilidad de tecnología y aplicabilidad práctica.

En este tipo de agricultura y ganadería alternativas se pone empeño en lograr variedades de plantas y animales que por sus características genéticas resistan las enfermedades. Más que usar grandes cantidades de pesticidas o muchos antibióticos para curar a las plantas y animales, se persigue el que se mantenga su salud.

La agricultura sostenible no es tanto una forma concreta de trabajar, sino más bien un conjunto de prácticas y actitudes que se pueden combinar de muy diferentes maneras, según las preferencias de cada usuario. Por esto mismo no es fácil que sea adaptada de forma masiva por los agricultores hasta que no se vea su necesidad y se simplifique su uso.

Cultivos transgénicos

Las técnicas actuales de la llamada ingeniería genética permiten tomar genes de una célula y colocarlos en otra. Este avance científico tiene una capacidad enorme para cambiar de forma revolucionaria la agricultura, como así también muchos otros campos, como la medicina.

Los conocimientos genéticos se han utilizado desde hace muchos años para obtener variedades más útiles de plantas y animales. Con los procedimientos modernos, ésto se puede hacer con mayor rapidez y, además, se pueden introducir genes que son de otras plantas o de otros seres vivos en cualquier especie vegetal o animal, sin tener que depender de cruces entre variedades de la misma especie, como sucedía en la genética tradicional.

Así, por ejemplo, si un gen que da resistencia a una enfermedad lo tenemos en las petunias, podemos trasladarlo a los tomates para que éstos adquieran también resistencia a esa enfermedad.

Con la ingeniería genética se pueden preparar plantas que produzcan alimentos más nutritivos. También se pueden desarrollar cultivos resistentes a los insectos o a diversas enfermedades, o que puedan tolerar mejor la sequía, el calor, el frío, la salinidad del suelo o la acción de algunos herbicidas.

No todos acuerdan con las posibilidades de la ingeniería genética con entusiasmo. Sus oponentes insisten en que estas técnicas son peligrosas porque alteran los organismos, sin que sepamos muy bien las consecuencias que ésto puede traer.

Aunque las posibilidades de la ingeniería genética son enormes, tardará un tiempo hasta que esta revolución se pueda apreciar, sin embargo ya estamos visualizando algunos logros.

Alimentos transgénicos

Los agricultores han estado mejorando sus plantas a través de cruzamientos y selección desde hace siglos. También se han usado microorganismos como las levaduras y bacterias para hacer el pan, yogur, queso, cerveza, etc. desde hace milenios.

Todas estas técnicas son formas antiguas de lo que hoy llamamos biotecnología, pero con la diferencia de que en la actualidad los grandes avances de la ingeniería genética permiten manipulaciones de genes inimaginables hasta hace unos pocos años.

El primer alimento disponible para el consumo producido por ingeniería genética fue el tomate «Flavr Svr». Este tomate había sido modificado para que resistiera más tiempo después de madurar, evitando que produjera una enzima esencial en el proceso de senescencia.

Se trata de un tomate con mayor contenido de licopeno: el licopeno es un carotenoide antioxidante que neutraliza los radicales libres que se producen en el organismo, los cuales conducen al envejecimiento celular.

La ingeniería genética ha permitido avances como los siguientes:

- Protección contra los insectos. Se sabía que una bacteria del suelo, Bacillus thuringiensis, produce una proteína que mata

a los insectos, mientras no daña a otros organismos. Ahora, la biotecnología ha permitido incorporar el gen que sintetiza esa proteína en diferentes plantas, por ejemplo de algodón o maíz, y así quedan protegidos contra diversos insectos.

• Control de malezas. Entre los casos más conocidos de plantas manipuladas por ingeniería genética están la soja, el maíz, el algodón, etc., en los que se ha conseguido introducir un gen que los hace resistentes al herbicida glifosato. Se ha obtenido, por la transferencia de un gen, desde una especie de bacteria del género Agrobacterium al genoma de la soja.

Debido a que las malezas continúan adaptándose a las diferentes metodologías de control implementadas, los agricultores siempre necesitarán de nuevas tácticas y estrategias. La biotecnología ha realizado un valioso aporte al suministrar cultivos resistentes al glifosato y otros herbicidas.

Sin embargo, han aparecido grupos de plantas en determinadas especies de malezas que presentan identidad para un determinado carácter; como ser resistentes a un determinado herbicida y se denominan biotipos.

Ejemplo: Amaranthus quitensis «yuyo colorado», resistente a herbicidas del grupo de las Imidazolinonas y Sorghum halepense «sorgo de Alepo», resistente a glifosato.

¿Un diálogo con la madre naturaleza?

La crisis ambiental, caracterizada por su ámbito planetario y su trascendencia generacional, cuestiona el actual modelo de desarrollo, responsable de la degradación ambiental y de la profunda desigualdad entre el norte y el sur. El hombre no puede vivir sin ciencia ni tecnología como tampoco puede vivir contra la naturaleza.

Entre 1959 y 1990, la producción a nivel mundial aumentó mucho más que la población, si bien siguen subsistiendo bolsones con déficit de alimentos y hambre crónico. En términos estimados, ese aumento debe imputarse en un 80% al aumento de la productividad, fruto del desarrollo tecnológico y en un 20% a la incorporación de nuevas tierras.

La información es conocimiento y es, por lo tanto, imprescindible para generar acciones y predecir comportamientos futuros. La tecnología e información son, probablemente, dos de las condiciones más representativas de un mundo en profundo y continuo cambio.

La explosión demográfica, que parece imparable a nivel mundial, exacerba la mayoría de los problemas por aumento de la producción de desechos, la contaminación del aire, aguas y suelos y la presión creciente sobre los recursos naturales.

Ningún proceso productivo es neutro para el ambiente. Pretender un proceso de producción que sea 100% limpio y sustentable es utópico. Es inevitable que toda producción interfiera en los equilibrios del ecosistema, que sea extractivo y que genere desechos.

Ahora bien, el desafío planteado por la agricultura sostenible es enorme. La sostenibilidad es quizás nuestra única oportunidad y sólo podrá ser llevada a la práctica cuando reconozcamos los beneficios comunes, derivados de las necesidades y aspiraciones de todos.

El cambio de la visión humana hacia la naturaleza, no ya como de dominio hacia la misma, deberá ser reemplazada por la de un nuevo diálogo con la naturaleza, en una posición de mayor comprensión hacia toda la biodiversidad.

Actividades

1. Analiza los valores y creencias de la sociedad moderna, piensa si estás de acuerdo o no y por qué.

La ley de la Selva
La vida es una lucha por la supervivencia.

La marea alta levanta los botes
Si prosperamos como nación, todos nuestros ciudadanos prosperarán y hasta otras naciones mejorarán.

La economía autorregulada
Si lográramos asegurar la perfecta competencia en un sistema de mercado libre, los beneficios serán distribuidos con justicia por el sistema mismo, sin necesidad de intervención.

El culto de la eficiencia
Debemos obtener el máximo posible de cada persona, cada máquina, cada organización, independientemente de lo que se produce, y de que sea o no necesario.

El imperativo tecnológico

Todo lo que puede ser hecho debe ser hecho. Si puede ser hecho o realizado, puede ser vendido, y que se venda es bueno para mí y para la economía. Si nadie lo quiere, entonces hay que crear la demanda.

Mientras más nuevo, mejor

Toda cosa nueva es mejor que casi todas las cosas del año anterior. Si no se puede producir un nuevo producto, hay que llamar al viejo «nuevo y mejorado», y el progreso y la ganancia serán nuestros.

El futuro no es asunto nuestro

Amamos a nuestros hijos, pero ¿por qué habríamos de preocuparnos por el destino de la próxima generación? Después de todo, ¿qué hizo por nosotros la próxima generación?

Racionalidad Económica

El valor de todas las cosas, incluidos los seres humanos, puede calcularse en dinero. Todo el mundo quiere volverse rico; lo demás es charla o mera simulación.

2. Reflexiona sobre estas afirmaciones referidas a la crisis ambiental. Escribe tu propia visión de esta problemática.

- ✓ Hoy en día estamos rodeados de profetas que ven en el visible deterioro ambiental una amenaza para el porvenir humano.
- ✓Los más extremistas hasta vaticinan el fin de la raza humana y del mundo como lo conocemos.
- ✓Hay muchas personas que no ven problema alguno y que ponen su fe en nuevas tecnologías y en el desarrollo económico. Para ellos el problema ambiental es algo pasajero y el movimiento ambientalista una exageración.
- ✓ Existen distintas visiones en el norte desarrollado y en el sur en vías de desarrollo.
- ✓ Hoy en día nos enfrentamos a enormes cambios en nuestro entorno, por ej. Argentina en 1940 tenía 14 millones de habitantes y hoy tiene más de 37 millones.
- ✓ Junto al crecimiento demográfico ha ocurrido el crecimiento económico. Ello ha alterado el ambiente natural.

- ✓ Los cambios ambientales han resultado de los esfuerzos de miles y millones de personas para mejorar sus condiciones de vida y en gran parte han tenido éxito.
- ✓ Quedan aún millones de personas que viven en la miseria, por falta de tierra, de empleo y de una distribución no equitativa de los ingresos.
- ✓ En este mundo, todo tiene su costo. Uno de los costos del desarrollo es la transformación del paisaje y esa transformación ha producido grandes efectos sobre nuestro entorno.

3. Luego de haber leído este libro, reflexiona y escribe una carilla sobre: ¿Cuál será el rol de tu futura profesión frente a la problemática ambiental derivada de la producción agropecuaria?

Glosario

A

Abiótico: los componentes no vivos de un ecosistema, como agua, aire, luz y nutrientes.

Acciones antrópicas: son las acciones realizadas por la especie humana.

ADN satélite: está formado por secuencias cortas de nucleótidos que se repiten en hileras muchas veces. Se ha visto por ejemplo, en las regiones que rodean a cada centrómero.

Aldehído: compuesto orgánico que posee un grupo carbonilo (–CH=O) que está unido a un solo radical orgánico. Se pueden obtener a partir de la oxidación suave de los alcoholes primarios.

Ambiente: Se refiere a las condiciones del entorno que rodea al organismo.

Aster: conjunto de microtúbulos más cortos que se extienden o irradian desde cada centríolo durante la división de la célula animal.

ATP: Está formado por adenina, ribosa y tres grupos fosfatos, contiene enlaces de alta energía entre los grupos fosfato; al romperse dichos enlaces se libera la energía almacenada.

Autoorganización: Es un proceso en el que la organización interna de un sistema, generalmente abierto, aumenta de complejidad sin ser conducido por ningún agente externo.

B

Brazos del cromosoma: cada una de las dos partes en que divide el centrómero a la cromátida.

C

Cadena alimentaria: representación del pasaje de energía de un productor primario a través de una serie de consumidores con niveles tróficos (alimentación) progresivamente mayores.

Cariocinesis: proceso de formación de dos núcleos hijos al final de la división celular.

Centrosoma: zona densamente teñida a partir de la cual se considera que se originan las fibras del huso y los microtúbulos del citoesqueleto durante la división celular.

Cetona: compuesto orgánico caracterizado por poseer un grupo funcional carbonilo. El tener dos átomos de carbono unidos al grupo carbonilo, es lo que lo diferencia de los ácidos carboxílicos y aldehídos.

Ciclo de Calvin: en la mayoría de los vegetales la fotosíntesis ocurre según el Ciclo de Calvin. Conjunto de reacciones en las cuales el CO2 es reducido y produce carbohidratos, constituye la segunda etapa de la fotosíntesis.

Ciclo de Hatch y Slack: en muchas especies de regiones tropicales y subtropicales el CO2 no se incorpora directamente a la planta por el Ciclo de Calvin, sino que primero entra por un camino metabólico que involucra otro aceptor y un sistema multienzimático diferente.

Ciclo de nutriente: camino de un elemento cuando se mueve a lo largo del ecosistema, que incluye su asimilación por los organismos y su regeneración en una forma inorgánica reutilizable.

Ciclo: variación recurrente en un sistema que retorna periódicamente a su punto de partida.

Cigoto: producto de la unión de dos gametos, que se desarrolla para formar un nuevo individuo.

Citocinesis: proceso de clivaje y separación del citoplasma, período final de la mitosis.

Clímax: punto final de una secuencia de sucesión o sere; comunidad que ha alcanzado el estado de equilibrio bajo un conjunto determinado de condiciones ambientales.

Coenzima: cofactor orgánico de una enzima, por lo general participa en la reacción transfiriendo algún componente.

Cofactor: sustancia no proteica necesaria para la actividad normal de una enzima, puede ser tanto orgánico como inorgánico.

Comunidad: asociación de poblaciones que interactúan, habitualmente definida por la naturaleza de su interacción o por el lugar donde viven.

Consumidor: individuo o población que utiliza un recurso dado.

Contaminación: cualquier alteración física, química o biológica del aire, el agua o la tierra que produce daños a los organismos vivos.

Contaminante primario: sustancias producidas en las actividades humanas o en la naturaleza que entran directamente en el aire alterando su composición normal.

Contaminante secundario: sustancia que se forma en la atmósfera cuando algún contaminante primario reacciona con otros componentes del aire.

Control integrado de plagas: forma de controlar plagas combinando varios métodos de control. Ej. Combinar técnicas de cultivo, controles biológicos y uso de productos químicos.

Crossing-over: intercambio de material genético entre cromosomas homólogos.

Cultivos transgénicos: cultivo de plantas que llevan uno o más genes incorporados establemente en su genoma (que no están presentes de forma natural) y que se transmiten de generación en generación.

D

Descomponedores: organismos, generalmente bacterias y hongos, que obtienen energía descomponiendo materia orgánica muerta.

Detoxificación: conversión química de una sustancia tóxica en subproductos inofensivos.

Diploide: célula que contiene dos juegos de cromosomas.

Diversidad: número de especies en un área local o en una región.

E

Ecósfera: todos los organismos vivos de la Tierra que interaccionan con el ambiente físico como un todo.

Endocitosis: proceso relacionado con la actividad de la membrana plasmática que incluye la fagocitosis y la pinocitosis. El material que ha de ser incorporado por la célula induce a la membrana a formar una vacuola que contiene al mismo, la vacuola es liberada en el citoplasma.

Energía fósil: energía que se obtiene de la combustión (oxidación) de ciertas substancias que se produjeron en el subsuelo a partir de la acumulación de grandes cantidades de residuos de seres vivos hace millones de años. Ej. Petróleo, gas natural y carbón mineral.

Enlace glicosídico: unión química entre dos monosacáridos, en este proceso se pierde una molécula de agua.

Enlace peptídico: unión entre un grupo amino de un aminoácido y un grupo carboxílico de otro aminoácido. En este proceso se elimina una molécula de agua.

Entrecruzamiento: intercambio de material genético entre cromosomas homólogos.

Exocitosis: proceso celular en el cual gránulos de secreción o sustancias disueltas son encerradas en una vacuola y transportadas a la superficie celular; allí la membrana de la vacuola se fusiona con la membrana de la célula, expulsando el contenido de la vacuola al exterior.

F

Fagocitosis: endocitosis de partículas sólidas.

Fase G1: intervalo entre el final de la mitosis y el comienzo de la fase S durante el ciclo celular.

Fisión: tipo de reproducción característica de los procariontes.

Fotorrespiración: proceso que reduce la eficiencia de la fotosíntesis en plantas C3 a altas intensidades lumínicas, consume oxígeno y produce dióxido de carbono a través de la degradación de intermediarios del ciclo de Calvin.

Fotosíntesis: uso de la energía lumínica para combinar dióxido de carbono y agua para producir azúcares simples.

G

Gel: partículas dispersas que se decantan de su solvente por algunos mecanismos como precipitación, coagulación o evaporación quedando reunidas en una masa única.

Gen: secuencia de nucleótidos que portan información esencial para el funcionamiento de la célula.

Grupo amino: grupo funcional derivado del amoniaco o alguno de sus derivados alquilados por eliminación de uno de sus átomos de hidrógeno (-NH2, -NRH, -NR2).

Grupo prostético: proteína que además de su porción aminoacídica, tiene un grupo de diferente naturaleza.

H

Hábitat: lugar donde un animal o una planta vive normalmente, a menudo caracterizado por una forma vegetal o una particularidad física dominante (por ej. Un hábitat de arroyos, bosques, etc.)

Hidrofílica: molécula capaz de interaccionar con el agua por interacciones ión-dipolo o mediante puentes de hidrógeno. Concepto contrapuesto a molécula hidrofóbica.

Huso: sistema de microtúbulos, organizados a partir de centrosomas, que permiten la migración ordenada de cromosomas durante la división celular.

I

Impacto ambiental: efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos.

M

Matriz de paisaje: gran área de tipo similares de ecosistemas o vegetación, agrícola o forestal, en la cual están embebidos los parches de paisaje.

Meiosis: proceso que tiene lugar durante la formación del gameto y que comprende dos divisiones. Una reduccional en la que cada célula hija recibe un cromosoma

homólogo de cada par, reduciéndose de tal modo el número cromosómico de la célula a la mitad, y una ecuacional que da como resultado final cuatro células hijas.

Metabolismo: transformaciones bioquímicas responsables de la formación y degradación de los tejidos y de la liberación de energía por el organismo.

Mitosis: proceso por el cual se duplica exactamente el material genético y se generan dos nuevos conjuntos de cromosomas idénticos a los originales.

Modelo de caja negra: modelo que trata de describir y predecir el comportamiento de un sistema sin preocuparse de su composición interna ni de los procesos que puedan tener lugar en su interior.

Modelo: formulación que simula un fenómeno del mundo real; representación simplificada del mundo real que ayuda a su comprensión.

Molécula acetilada: posee un grupo amino (-NH2) en su estructura.

Mutación: cambio heredado en una porción muy pequeña de una secuencia de ADN.

N

NADPH: forma reducida del fosfato de dinucleótido de nicotinamida y adenina, coenzima que actúa como agente de transferencia de electrones (en forma de hidrógeno), particularmente en vías anabólicas de la fotosíntesis.

Nicho: rol ecológico de una especie en la comunidad; gamas de diversas condiciones y calidades de recursos dentro de los cuales subsiste el organismo o la especie.

Nivel trófico: posición en la cadena alimentaria, determinada por el número de pasos de transferencia de energía hasta ese nivel.

O

Oxidación. extracción de uno o más electrones de un átomo, un ión o una molécula.

P

Paleoecología: ciencia que estudia los seres vivos ya desaparecidos, especialmente en el aspecto de sus relaciones entre sí y con el medio.

Parche de paisaje: área relativamente homogénea que difiere de la matriz circundante (por ejemplo, un lote boscoso embebido en una matriz agrícola).

Pinocitosis: endocitosis de partículas líquidas.

Plantas C3: en la mayoría de las plantas la fotosíntesis ocurre según el Ciclo de Calvin en el cual el primer producto metabólico que se detecta al iniciarse el proceso es un compuesto con tres átomos de carbono (ácido 3-fosfoglicérico).

Plantas C4: plantas en las cuales el primer producto metabólico que se detecta al iniciarse el proceso de fotosíntesis es un compuesto de cuatro átomos de carbono (ácido oxalacético). Presenta una anatomía foliar característica.

Población: grupo de organismos de una especie que habitan en un área determinada.

Producción bruta: energía o nutrientes totales asimilados por un organismo, una población o una comunidad entera.

Producción neta: energía o nutrientes totales acumulados como biomasa por un organismo, una población o toda una comunidad mediante el crecimiento y la reproducción; producción bruta menos respiración.

Producción: acumulación de energía o de biomasa.

Productor primario: planta verde o autótrofo que asimila energía de la luz para sintetizar compuestos orgánicos.

Q

Quiasma: punto de intercambio cromosómico que se hace visible cuando los cromosomas homólogos comienzan a separarse durante el diplonema.

R

Radicales libres: moléculas (orgánicas o inorgánicas), extremadamente inestables y, por tanto, con gran poder reactivo. Se producen en la respiración con la presencia de oxígeno que aunque son imprescindibles en la vida celular de nuestro organismo, también provocan a lo largo de la vida efectos negativos para la salud.

Recurso renovable: recurso aportado continuamente al sistema de modo que no puede ser agotado completamente por los consumidores.

Recurso: sustancia requerida por un organismo para el mantenimiento, crecimiento y reproducción normales.

Respiración: uso de oxígeno para degradar metabólicamente compuestos orgánicos para liberar energía química.

Revolución verde: período que se inició en 1960, cuando hubo un gran auge en la productividad agrícola en el mundo en desarrollo. Se basó en el empleo de técnicas de producción modernas, basadas en el mejoramiento genético y la utilización masiva de fertilizantes y biocidas.

S

Selección: supervivencia o reproducción diferencial dentro de una población que favorece un fenotipo extremo y conduce a un desplazamiento evolutivo de la media poblacional hacia ese fenotipo.

Sinapsis: apareamiento de cromosomas homólogos.

Sol: solución coloidal que está en equilibrio, es decir las partículas dispersas guardan una distribución armónica por acción de factores estabilizantes. Se comporta como un fluido.

Sucesión Primaria: secuencia de comunidades que se desarrollan en un hábitat recién expuesto desprovisto de vida.

Sucesión Secundaria: progresión de las comunidades en hábitat donde la comunidad clímax ha sido alterada o eliminada.

Sucesión: reemplazo de poblaciones o comunidades en un hábitat a través de la progresión regular hasta un estado estable.

Sustentabilidad: capacidad para cumplir las necesidades de la generación actual sin comprometer la capacidad para cubrir las necesidades de la generaciones futuras; manteniendo el capital natural y de los recursos necesarios para cubrir las necesidades o la nutrición con el fin de evitar que caigan por debajo de un determinado umbral de salud o vitalidad.

T

Tecnología: es el conjunto de habilidades que permiten construir objetos y máquinas para adaptar el medio y satisfacer nuestras necesidades.

Territorialidad: situación en la cual los individuos defienden espacios exclusivos, o territorios.

Tétrada: par de cromosomas homólogos durante el paquinema, constituida por cuatro cromátidas; también se denomina bivalente.

U

Unión éster: unión entre un grupo alcohol y un grupo carboxílico, en la cual se elimina una molécula de agua (CO-O-C).

V

Vacuolas autofágicas: es un caso especial en el cual el lisosoma contiene partes celulares (mitocondrias, porciones de retículo endoplasmático) en vías de digestión.

Vegetación precolonial: vegetación natural que existía antes de la llegada de los colonizadores.

Bibliografía

Alberts, B.; D. Bray; J. Lewis; M. Raff; K. Roberts & J. Watson. 1994. Molecular Biology of The Cell. 3º Edición. Ed. Garland Publishing. Nueva York. 1294 p.

Alberts, B.; D. Bray; K. Hopkin; A. Johnson; J. Lewis; M. Raff; K. Roberts & P. Walter. 2007. Introducción a la Biología Celular. 2º Edición. Ed. Médica Panamericana. Buenos Aires. 740 p.

Altieri, M. A. 1999. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Ed. Nordan-Comunidad. Uruguay. 325 p.

Archibald, J.M. 2008. Plastid evolution: remnant algal genes in ciliates. Curr. Biol. 18: 663- 665.

Avers, C. J. 1991. Biología Celular. 2º Edición. Ed. Grupo Editorial Iberoamericana. México. 748 p.

Baluška F, Volkmann D, Barlow PW. 2004. Eukaryotic cells and their Cell Bodies: Cell Theory revisited. Ann Bot. 94:9-32.

Barsky, O. & J. Gelman. 2001. Historia del agro argentino. Desde la conquista hasta fines del siglo XX. Ed. Grijalbo S. A. Argentina. 460 p.

Blanco, A. 2007. Química Biológica. 8º Edición. Ed. El Ateneo. Buenos Aires. 636 p.

Brailovsky, A. E. 2006. Historia ecológica de Iberoamérica: de los Mayas al Quijote. Ed. Capital Intelectual. Bs. As. 240 p.

Broswimmer, F. J. 2005. Ecocidio. Breve historia de la extinción en masa de las especies. Ed. Laetoli, S. L. Londres. 318 p.

Castro, R.; M. Handel & G. Rivolta. 1994. Actualizaciones en Biología. 5º Edición. Ed. Eudeba. Buenos Aires. 258 p.

Cavalier-Smith, T. 1998. A revised six- Kingdom system of life. Bio. Rev. 73: 203-266.

Cavalier-Smith, T. 2004. Only six Kingdoms of life. Proc. R. Soc. Lond. B 271: 1251-1262.

Cavalier-Smith, T. 2006. Rooting the tree of life by transition analyses. Biology Direct 1 (19): 1-83.

Cavalier-Smith, T. 2010. Kingdoms Protozoa and Chromista and the eozoan root of the eukaryotic tree. Biol. Lett. 6: 342- 345.

Chase, M. W & J. L. Reveal. 2009. A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III. Bot. J. Linn. Soc. 161: 122- 127.

Cooper, G. M. 2000. The Cell, a Molecular Approach. 2º Edición. Ed. Sinauerb Associates, Inc. Massachusetts. 689 p.

Curtis, H. & N. S. Barnes. 2001. Biología. 6º Edición. Ed. Médica Panamericana. Buenos Aires.1496 p.

De Robertis, E. D. P. & E. M. F. De Robertis (h). 1990. Biología Celular y Molecular. 11º Edición. Ed. El Ateneo. Buenos Aires. 613 p.

Degioanni, A. & E. Bricchi (Comp.). 2006. Sistema Suelo. Su origen y propiedades fundamentales. Editorial de la Fundación Universidad Nacional de Río Cuarto. Córdoba. 230 p.

Fantes, P. & R. Brooks. 1993. The Cell Cycle, a Practical Approach. Ed. Oxford University Press. Oxford. 325 p.

FECIC. 1986. El deterioro del ambiente en la Argentina (suelo, agua, vegetación, fauna). Ed. Fundación para la educación, la ciencia y la cultura. Buenos Aires. 497 p.

Flores, C. R., L. Herrera Reyes & V. D. Hernández Guzmán. 2006. Ecología y Medio Ambiente. Ed. Thomson. México. 169 p.

Font Quer, P. 2007. Diccionario de Botánica. 3º Edición. Ed. Península. Barcelona. 1244 p.

Ikerd, J. 1990. Agricultura sostenible. INTA (Argentina). 12 p.

Judd, W. S. Campbell, C. S. Kellogg, E. A. Stevens, P.F. & M.J. Donoghue. 2008. Plant Systematics: a phylogenetic approach., Third Edition. Sinauer Asoc, USA.

Kaplan, D.R. 1992. The relationship of cells to organisms in plants: Problem and implications of an organismal perspective. Int. J. Plant Sci. 153: 28–37.

Keeling, P. J. 2004. The diversity and evolutionary history of plastids and their hosts. Am. J. Bot. 9: 1481–1493.

Keeling, P. 2010. The endosymbiotic origin, diversification and fate of plastids. Phil. Trans. R. Soc. B. 365: 729–748.

Kleinsmith, L. J. & V. M. Kish. 1995. Principles of Cell and Molecular Biology. 2º Edición. Ed. HarperCollins. Nueva York. 810 p.

Kraus, T.; C. A. Bianco & C. O. Nuñez (eds.). 1999. Los ambientes naturales del sur de la provincia de Córdoba. Editorial Fundación Universidad Nacional de Río Cuarto. Córdoba. 120 p.

Lanteri, A.A. & M.M. Cigliano (Eds.). 2006. Sistemática Biológica: fundamentos teóricos y ejercitaciones. Editorial de la Universidad de La Plata, La Plata, Buenos Aires, Argentina.

Lewis, L. A. & R. M. Mc Court. 2004. Green Algae and the origin of Land Plants. American Journal of Botany 91(10): 1535–1556.

Lugo, A. & G. L. Morris. 1982. Los sistemas ecológicos y la humanidad. OEA Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Serie de Biología. Monografía Nº 23. Washington.

Margalef, R. 2002. Teoría de los Sistemas Ecológicos. Ed. Alfaomega. España. 290 p.

Margulis L. 1993. Symbiosis in cell evolution. San Francisco: W.H. Freeman & Co.

Matteucci, S. D.; J. Morillo; G. D. Buzai; C. Baxendale; M. Silva; N. Mendoza; W. Pengue & A. Rodríguez. 2006. Crecimiento urbano y sus consecuencias sobre el entorno rural. El caso de la ecorregión pampeana. Ed. Orientación Gráfica Editora S.R.L. Argentina. 350 p.

Matteucci, S. D.; O. Solbrig; J. Morello & G. Halffter (Eds). 1999. Biodiversidad y uso de la tierra. Eudeba. Bs. As. 580 p.

Matteuci, S. D. & G. D. Buzai. 1999. Sistemas ambientales complejos: herramientas de análisis espacial. Eudeba. Bs. As. 454 p.

Miller, G. T. Jr. 1998. Ecología y medio ambiente. Grupo Editorial Iberoamérica. México. 867 p.

Nava, C. R.; T. R. Armijo & C. J. Gastó. 1996. Ecosistema: La unidad de la naturaleza y el hombre. 2da. Edición. Ed. Trillas. México. 392 p.

Naveh, Z.; A. Lieberman; F. O. Sarmiento; C. M. Ghersa & J. C. León. 2001. Ecología de Paisajes. Ed. Facultad de Agronomía. U.B.A. 571 p.

Odum, E. P & G. W. Warrett. 2006. Fundamentos de Ecología. 5ta. Edición. Ed. Thomson. México. 600 p.

Oesterheld, M; M. R. Aguiar; C. M. Ghersa & J. M. Paruelo (Comp.). 2005. La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas. Un homenaje a Rolando J. C. León. Ed. Facultad de Agronomía. U. B. A. 472 p.

Purves, W. K.; D. Sadava, G. H. Orinas & H. C. Heller. 2003. Vida. La ciencia de la Biología. 6º Edición. Ed. Médica Panamericana. Buenos Aires. 1133 p.

Raven, P. H.; R. F Evert & S. E. Eichhorn. 2005. Biology of Plants. 7º Edición. Ed. W. H. Freeman and Company Publishers. Nueva York. 686 p.

Richards, T. A. & J. M. Archibald. 2011. Cell evolution: gene transfer agents and the origin of mitochondria. Curr. Biol. 21: 112-114.

Ricklefts, R. E. 1998. Invitación a la ecología. La economía de la naturaleza. Ed. Médica Panamericana. Argentina. 692 p.

Terradas J. & J. Peñuelas. 2009. Evolution: Much More than Genetics. The Need for a Holistic View. The Open Evolution Journal 3: 38-45.

Santanatoglia, O. J. (Comp.). 2005. Manual de prácticas conservacionistas para la subregión semiárida pampeana. EFA-UBA. 129 p.

Sheeler, P. & D. E. Bianchi. 1987. Cell and Molecular Biology. 3º Edición. Ed. John Wiley & Sons, Inc. Nueva York. 704 p.

Solbrig, O. T. & L. Vainesman (Comp.). 1998. Hacia una agricultura productiva y sostenible en la pampa. Ed. Banco de la Nación Argentina. 273 p.

Strasburger, E.; F. Noll; H. Schenck; A. F. W. Schimper; P. Sitte; E. W. Weiler & J. W. Kadereit. 2004. Tratado de Botánica. 35º Edición. Ed. Omega. Barcelona. 1098 p.

Taiz, L. & E. Zeiger. 2006. Plant Physiology. 4º Edición. Ed. Sinauerb Associates, Inc., Publishers. Massachusetts. 764 p.

Van Esso, M. 2006. Fundamentos de Ecología: Su enseñanza con un enfoque

novedoso. Ed. Facultad de Agronomía. U.B.A. Bs. As. 176 p.

Viglizzo, E. F. 2001. La trampa de Malthus. Eudeba. 189 p.

Villee, C. A.; E. P. Solomon; C. E. Martin & D. W. Martin. 2001. Biología. 8º Edición. Ed. McGraw-Hill Interamericana. México. 1305 p.

Whittaker, R. H. 1969. New concepts of kingdoms of organisms. Science 163: 150-160.

Wojtaszek, P. 2001. Organismal view of a plant and a plant cell. Acta Biochimica Polonica 48: 443-451, 2001.



El misterio de la vida

Biología para ingresantes a la Universidad

César A. Bianco, Sara Basconsuelo y Rosana Malpassi

Compiladores

Los autores de este libro son docentes de Morfología Vegetal y Botánica Sistemática Agrícola de la Facultad de Agronomía y Veterinaria, y de Botánica Sistemática de la Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Río Cuarto.
Con esta obra se pretende brindar a los estudiantes que ingresan a Ingeniería Agronómica u otras carreras afines los contenidos de Biología necesarios para abordar las asignaturas relacionadas del plan de estudio. El libro está organizado en ocho capítulos: la clasificación de los seres vivos, las características de los seres vivos, las moléculas que forman estructuras biológicas, los fundamentos de microscopía, las características morfológicas de la célula, la división celular y, en los últimos dos, el funcionamiento del agroecosistema.

Colección PASATEXTOS

UniRío editora

ISBN 978-987-688-149-4



